PEQUEÑA ENCICLOPEDIA PRÁCTICA DE CONSTRUCCIÓN

PUBLICADA BAJO LA DIRECCIÓN DE

L.-A. BARRÉ ✻, O. I.

Ingeniero de artes y manufacturas, profesor de la Asociación politécnica.

N.° 6.

CONSTRUCCIONES METÁLICAS

TRADUCIDO DEL FRANCÉS

POR

DON LUIS GAZTELU

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

ILUSTRADO CON GRABADOS

SEGUNDA TIRADA

MADRID

LIBRERÍA EDITORIAL

DE BAILLY-BAILLIERE E HIJOS

Plaza de Santa Ana, núm. 10.

1899

CONSTRUCCIONES METÁLICAS

PISOS Y VIGAS METÁLICAS

Pisos de hierro —Los pisos de hierro han sustituído á los de madera casi por completo en muchas partes. Se componen, como estos últimos, de vigas maestras, viguetas, brochales, etc. La separación de las viguetas entre ejes, que es en los pisos de madera de $0^{m},30$ á $0^{m},40$, varía entre $0^{m},50$ y 1 metro en los de hierro; las más de las veces se adopta una separación de $0^{m},75$.

El empleo del hierro y del acero en los pisos permite reducir mucho su espesor; se hace posible empotrar las viguetas en los muros medianeros; no hay necesidad de preocuparse de las distancias reglamentarias para el paso de los tubos de humo, y los riesgos de incendios son mucho menores.

Hierros para pisos.—Los hierros en doble T son los generalmente empleados en los pisos, pero se pueden usar también, aunque son menos resistentes, las *barras planas* puestas de canto para pisos forjados con yeso y yesones ó con mampostería y mortero, añadiendo tirantes ó riostras; se sujetan lateralmente las barras planas por un forjado.

Se han utilizado también, para dinteles y pisos de hierro de luces pequeñas, *carriles viejos* de cabeza doble ó de cabeza y placa de apoyo. Su altura (unos $0^{m},13$) es demasiado pequeña; se puede duplicar uniendo las bases por medio de pernos, pero la masa de las placas de apoyo produce un aumento de peso inútil, pues no contribuyen eficazmente á la resistencia, á causa de la posición que ocupan.

Peso en kilogramos por metro lineal de las barras de hierro de sección rectangular.

Espesor en milímetros . . .	ANCHO EN MILÍMETROS																			
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	110
4	0,312	0,467	0,623	0,779	0,935	1,091	1,249	1,402	1,558	1,714	1,870	2,025	2,181	2,337	2,483	2,649	2,804	2,960	3,116	3,428
5	0,390	0,584	0,789	0,974	1,169	1,363	1,558	1,753	1,948	2,142	2,337	2,532	2,727	2,921	3,116	3,311	3,506	3,700	3,895	4,285
6	0,467	0,701	0,935	1,169	1,402	1,636	1,870	2,103	2,337	2,571	2,804	3,038	3,272	3,506	3,739	3,973	4,207	4,440	4,674	5,141
7	0,545	0,818	1,091	1,303	1,636	1,909	2,181	2,454	2,727	2,999	3,272	3,644	3,817	4,090	4,362	4,635	4,908	5,180	5,453	5,998
8	0,623	0,935	1,246	1,558	1,870	2,181	2,493	2,804	3,116	3,428	3,739	4,051	4,362	4,674	4,986	5,297	5,609	5,920	6,232	6,855
9	0,701	1,051	1,402	1,753	2,103	2,454	2,804	3,155	3,506	3,856	4,207	4,557	4,908	5,258	5,609	5,959	6,310	6,660	7,011	7,712
10	0,779	1,169	1,558	1,948	2,337	2,727	3,116	3,506	3,895	4,285	4,674	5,064	5,453	5,843	6,232	6,622	7,00	7,401	7,790	8.569
11	0,857	1,285	1,714	2,142	2,571	2,999	3,428	3,856	4,285	4,713	5,141	5,570	5,998	6,427	6,855	7,284	7,712	8,141	8,569	9,426
12	0,935	1,402	1,870	2,337	2,804	3,272	3,739	4,207	4,674	5,141	5,609	6,076	6,544	7,011	7,478	7,946	8,413	8,881	9,348	10,28
13	1,013	1,519	2,025	2,532	3,038	3,640	4,051	4,557	5,064	5,570	6,076	6,583	7,089	7,595	8,102	8,608	9,114	9,621	10,13	11,14
14	1,090	1,636	2,181	2,727	3,270	3,917	4,362	4,908	5,453	5,998	6,544	7,089	7,634	8,180	8,725	9,270	9,815	10,36	10,91	12,00
15	1,169	1,753	2,337	2,921	3,506	4,190	4.674	5,258	5,843	6,420	7,011	7,595	8,180	8,764	9,348	9 932	10,52	11,10	11,69	12,85
16	1,246	1,870	2,493	3,116	3,739	4,462	4,986	5,609	6,232	6,855	7,478	8,102	8,725	9,348	9,971	10,59	11,22	11,84	12,46	13,71
17	1,324	1,986	2,649	3,311	3,973	4,635	5,297	5,959	6,622	7,284	7,946	8,608	9,270	9,932	10,59	11,26	11,92	12.58	13,24	14,57
18	1,402	2,103	2,804	3,506	4,207	4,998	5,609	6,310	7,011	7,712	8,414	9,114	9,815	10,52	11,22	11,92	12,62	13,32	14,02	15,42
19	1,480	2,220	2,960	3,700	4,440	5,180	5,920	6,660	7,401	8,141	8,88	9,62	10,36	11,10	11,84	12,58	13,32	14,06	14,80	16,28
20	1,558	2,337	3,116	3,895	4,674	5,453	6,232	7,011	7,790	8,569	9,35	10,13	10,91	11,69	12,46	13,24	14,02	14,80	15,58	17,14
21	1,636	2,454	3,272	4,090	4,907	5,726	6,544	7,362	8.180	8,997	9,82	10,63	11,45	12,27	13,09	13,91	14,72	15,54	16,36	17,99
22	1,714	2,571	3,428	4,285	5,141	5,998	6,855	7,712	8,569	9,426	10,28	11,14	12,00	12,85	13,71	14,57	15,42	16,28	17,14	18,85
23	1.792	2,688	3,585	4,479	5,375	6,271	7,167	8,063	8,959	9,854	10,75	11,65	12,54	13,44	14,33	15,23	16,13	17,02	17,92	19,71
24	1,870	2,804	3,739	4,674	5,609	6,544	7,478	8,413	9,348	10,28	11,22	12,15	13 09	14,02	14,96	15,89	16,83	17,76	18,70	20,57
25	1,948	2,921	3,895	4,869	5,843	6,816	7,790	8,764	9,738	10,71	11,69	12,66	13,63	14,61	15,58	16,55	17,53	18,50	19,48	21,42
26	2,025	3,038	4,051	5,064	6,076	7,089	8,102	9,114	10,13	11,14	12,15	13,17	14,18	15,19	16,20	17,22	18,25	19,24	20,25	22,28
27	2,10	3,155	4,207	5,258	6,310	7,362	8,413	9,465	10,52	11,57	12,62	13,67	14,72	15,77	16,83	17,88	18,93	19,98	21,03	23,14
28	2,181	3,272	4,422	5,523	6,644	7,734	8,825	9,915	11,00	12,00	13,09	14,18	15,27	16,36	17,45	18,54	19,63	20,72	21,81	23,99
29	2,259	3,389	4,518	5,648	6,777	7,907	9,036	10,17	11,30	12,43	13,55	14,68	15,81	16,94	18,07	19,20	20,33	21,46	22,59	24,85
30	2,337	3,506	4,674	5,843	7,011	8,180	9,348	10,52	11,69	12,86	14,02	15,19	16,36	17,53	18,70	19,86	21,03	22,20	23,37	25,71
35	2,727	4,090	5,453	6,816	8,180	9,543	10,91	12,27	13,63	14,99	16.36	17,72	19,09	20,45	21,81	23,17	24,54	25,90	27,27	29,96
40	3,116	4,674	6,232	7,790	9,348	10,91	12,46	14,02	15,58	17,14	18,70	20,25	21,81	23,37	24,93	26,49	28,04	29,60	31,16	34,28
45	3,506	5,258	7,011	8,764	10,52	12,27	14,02	15,77	17,53	19,28	21,03	22,78	24,54	26,29	28,04	29,80	31,55	33,30	35,06	38,56
50	3,895	5,843	7,790	9,738	11,69	13,63	15,53	17,53	19,48	21,42	23,37	25,32	27,27	29,21	31,16	33,11	35,06	37,00	38,95	42,85

Los *hierros Zorés* (fig. 1), de forma de V invertida, con el espesor reforzado en el ángulo superior y en las placas de la base, se emplean también en los pisos, sobre todo para sostener bovedillas de ladrillo.

Estos hierros deben tener en su empotramiento en el muro una entrega mínima de $0^m,20$ (1).

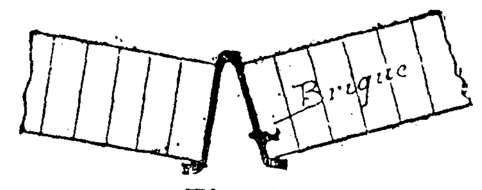


Fig. 1.
EXPLICACIÓN: *Brique*, ladrillo.

Pesos y dimensiones de los hierros Zorés (en V invertida).

Alturas de los hierros.	Anchos en la base.	Ancho en la parte superior.	Peso por metro lineal.
80 milím	100 milím.	30 milím.	7,00 kilog.
100 »	120 »	35 »	10,50 »
120 »	140 »	40 »	15,50 »
140 »	160 »	45 »	20,00 »
160 »	180 »	50 »	25,00 »
180 »	200 »	55 »	32,00 »
200 »	220 »	60 »	33,50 »

Hierros cuadrados y redondos (2).—*Observaciones sobre la tabla de la página 4.*—Se puede demostrar que, para una dimensión doble (*lado ó diámetro*), la tabla siguiente da un resultado cuádruplo como peso del hierro por metro de longitud.

(1) Para los *precios de los hierros* véase nuestro tomo II, pág. 132.

(2) Los hierros de fabricación sencilla, con sección cuadrada, rectangular ó circular, se denominan *hierros del comercio*.

Los de sección cuadrada se llaman en general *cuadrados*, y *cuadradillos* cuando el lado no pasa de 2 centímetros. Los llamados *palanquillas* tienen de 2 á 4 centímetros, los *torchuelos* de 4 á 6 y los *torchos* de 6 á 11.

Los de sección rectangular se llaman en general *barras* ó *hierros* planos, y reciben, según sus dimensiones, diversos nombres especiales. Las *llantas* tienen de tres á cuatro dedos por uno ($0^m,052$ á $0^m,069 \times 0^m,017$); las *llantillas* son de menores dimensiones, y los *flejes* de 1 milímetro de grueso por 12 á 68 de ancho. El *hierro carretil* tiene $87^m \times 17$ (cinco dedos de ancho por uno de grueso) y el *cellar*, *arquero*, *cuchillero* ó *planchuela* $52^m \times 9$.

Los hierros de sección circular se llaman en general *hierros redondos* ó *cabillas* ó *varillas* si el diámetro no pasa de 2 centímetros; los de diámetros comprendidos entre 2 y 3 centímetros se llaman también *balaustres*.

Los *pasamanos*, cuya sección es un segmento, se consideran como hierros comunes del comercio. *(N. del T.)*

Según esto, sea un hierro cuadrado ó redondo de 48 milímetros de lado ó de diámetro (esta dimensión no se encuentra en la tabla). Se buscará el peso para una dimensión igual á la mitad de la propuesta, 24 milímetros. La tabla da:

Para el hierro cuadrado, 4^k,482; para el hierro redondo, 3^k,512.

Por consiguiente, para la dimensión de 48 milímetros se tendrá:

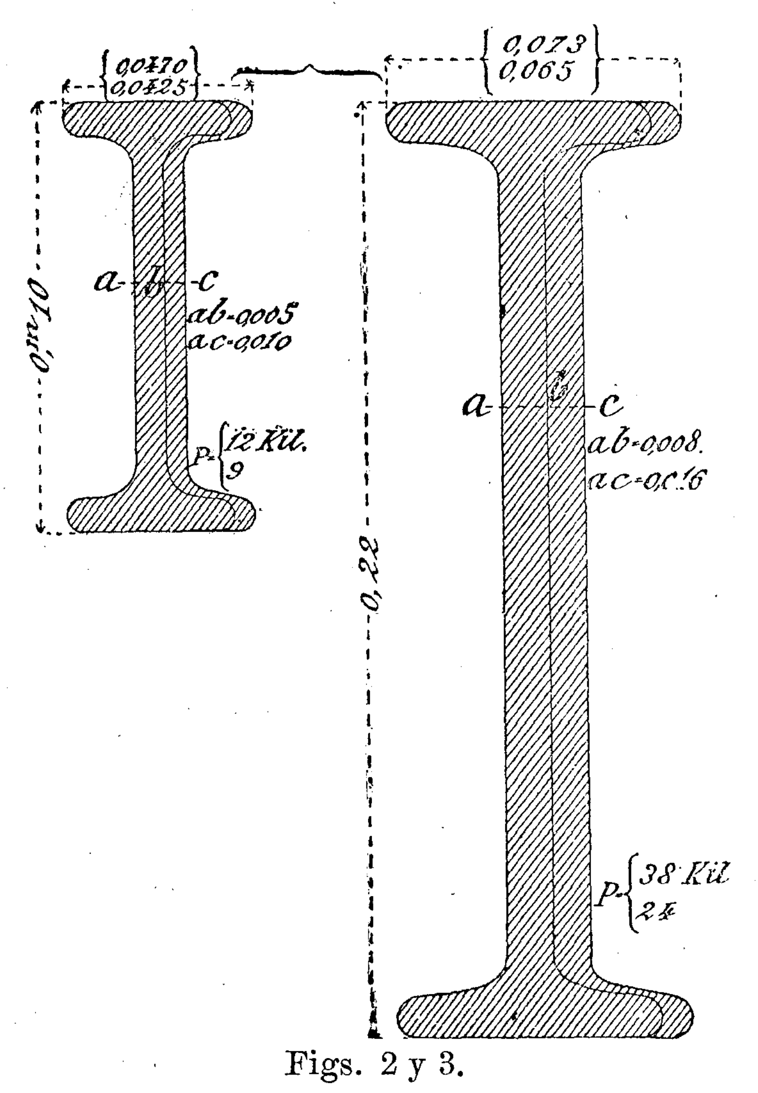
Hierro cuadrado: 4,482 × 4 = 17 kg.

Hierro redondo: 3,512 × 4 = 14,05 kg.

Tabla de los hierros cuadrados y redondos para una longitud de 1 metro.

Diámetros ó lados en milím.	Hierros cuadrados. Pesos en kilogr.	Hierros redondos. Pesos en kilogr.	Diámetros ó lados en milím.	Hierros cuadrados. Pesos en kilogr.	Hierros redondos. Pesos en kilogr.
1	0,0078	0,0066	31	7,495	5,872
2	0,031	0,022	32	7,985	6,248
3	0,070	0,044	33	8,494	6,668
4	0,124	0,092	34	9,016	7,060
5	0,195	0,152	35	9,555	7,488
6	0,280	0,212	36	10,108	7,920
7	0,382	0,288	37	10,678	8,364
8	0,499	0.380	38	11,263	8,820
9	0,631	0,488	39	11,863	9,300
10	0,780	0,612	40	12,480	9,788
11	0,943	0,732	41	13,111	10,276
12	1,123	0,868	42	13,759	10,776
13	1,318	1,020	43	14,422	11,300
14	1,528	1,188	44	15,100	11,836
15	1,755	1,368	45	15,795	12,384
16	1,996	1,556	46	16,504	12,936
17	2,254	1,750	47	17,230	13,504
18	2,527	1,968	48	17,971	14,080
19	2,815	2,200	49	18,727	14,680
20	3,120	2,244	50	19,500	15.292
21	3,439	2,688	55	23,595	18,502
22	3,775	2,944	60	28,080	22,024
23	4,126	3,204	65	32,955	25,842
24	4,482	3,512	70	38,220	29,968
25	4,875	3,816	75	43,875	34,412
26	5,272	4,124	80	49,920	39,160
27	5,686	4,448	85	56,355	44,202
28	6,115	4,784	90	63,180	49,556
29	6,559	5,136	95	70,395	55,218
30	7,020	5,504	100	78,000	61,159

Hierros laminados de doble ⊤ (figs. 2 á 6) para pisos y armaduras (1) (*).—La mayor parte de las fábricas laminan hierros de forma de **I** ó de doble ⊤ simétrica que entran en la composición de los pisos, de las armaduras y de los puen-



Figs. 2 y 3.

tes metálicos. De una fábrica á otra, los modelos presentan grandes diferencias en cuanto á los perfiles y á los pesos por metro lineal. Cada fábrica tiene sus modelos, los cuales forman diversas series, que se pueden resumir así:

1.° Una primera serie de hierros *ordinarios* de *cabezas* ó *alas*

(1) Para las fórmulas y cuadros gráficos de resistencia de hierros, véase *Notes et formules de l'Ingénieur* y nuestro *Memento de l'Architecte*.

(*) Puede verse también nuestra *Práctica usual de los cálculos de estabilidad de los puentes*. (*N. del T.*)

estrechas, cuyas alturas varían de dos en dos centímetros desde $0^m,08$ hasta $0^m,26$, y á veces hasta $0^m,28$ y $0^m,30$. Otra serie de hierros tambien de cabezas estrechas, llamados *hierros gruesos*, que tienen igual altura y el mismo perfil general que los precedentes, pero en los cuales el espesor del alma y el ancho de las cabezas han sido aumentados en algunos milímetros. Estos hierros son menos económicos que los ordinarios, porque el peso aumenta en proporción mayor que la resistencia correspondiente. Para una altura dada cada fábrica presenta un modelo *mínimo* y otro *máximo*, y fabrica por encargo especial hierros con perfiles intermedios.

Fig. 4.

2.° Hierros llamados de *cabezas ó alas anchas*, que se encuentran en la mayor parte de las fábricas. Estos hierros son de doble T con las cabezas muy desarrolladas. Para cada perfil hay también un mínimo y un máximo de espesor, y se fabrican por encargo hierros con espesores intermedios.

En una viga de hierro (fig. 4), las partes horizontales *c* se llaman *cabezas*, *alas* ó *nervios*, y la parte vertical *alma*.

Damos á continuación los pesos por metro lineal de hierros laminados en doble T que figuran en los catálogos de diversas fábricas, con los módulos de resistencia de su sección ó las cargas uniformemente repartidas que les corresponden con diversas luces.

Fábrica de la Providence.

Altura del hierro.	Peso por metro lineal.	Módulos de sección $\frac{I}{v}$.	Altura del hierro.	Peso por metro lineal.	Módulos de sección $\frac{I}{v}$.
$0^m,10$	9 kg.	0,000 0330	$0^m,20$	25 kg.	0,000 171
	12	0,000 0395		35	0,000 214
0 ,12	11	0,000 0469	0 ,22	26	0,000 198
	15	0,000 0572		40	0,000 264
0 ,14	14	0,000 0673	0 ,26	36,4	0,000 300
	20	0,000 0853		54,4	0,000 400
0 ,16	15	0,000 0816	0 ,30	65	0,000 72
	25	0,000 1157		85	0,000 849
0 ,18	20	0,000 1205			
	30	0,000 1594			

Sociedad de Vezin-Aulnoy.

Altura del hierro.	Peso por metro lineal.	Módulos de sección $\frac{I}{v}$.	Altura del hierro.	Peso por metro lineal.	Módulos de sección $\frac{I}{v}$.
0m,08	8 kg. 10	0,000 0285 0,000 0316	0m,22	33 kg. 38	0,000 290 0,000 315
0 ,10	10 13	0,000 0455 0,000 0522	0 ,22	36,40 45,60	0,000 343 0,000 388
0 ,12	14 17,70	0,000 0743 0,000 084	0 ,25	36,60 46,20	0,000 345 0,000 397
0 ,14	18 22,30	0,000 111 0,000 124	0 ,25	37 48,40	0,000 396 0,000 459
0 ,16	22,20 27,70	0,000 156 0,000 175	0 ,25	43,20 54,60	0,000 480 0,000 542
0 ,18	27 33,90	0,000 218 0,000 245	0 ,26	43,30 53,20	0,000 485 0,000 542
0 ,20	26 33,80	0,000 223 0,000 257	0 ,30	57 68,60	0,000 715 0,000 790
0 ,20	30 37,50	0,000 260 0,000 293	0 ,35	72,50 84	0,001 021 0,001 348

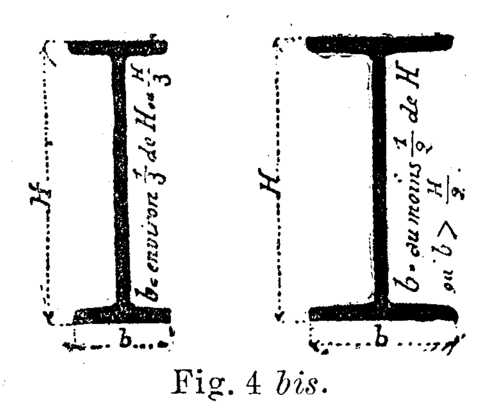
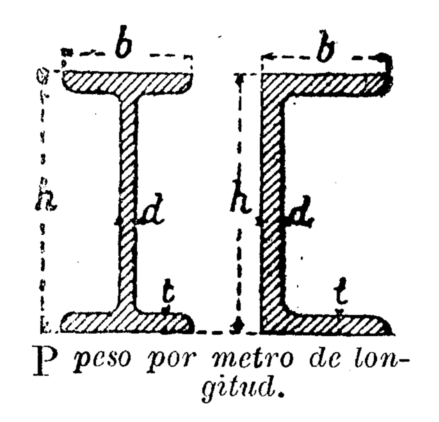


Fig. 4 *bis*.

EXPLICACIÓN: *Environ* 1/3 *de H*, 1/3 de H próximamente.—*Au moins* 1/2 *de H*, por lo menos 1/2 de H.



P *peso por metro de longitud.*

Figs. 5 y 6.

Las letras indicadas en los cuadros siguientes se refieren á los hierros de las figuras 5 y 6.

Módulos de sección y pesos de la viga en doble T
Tomado del álbum del Creusot.

Hierro de	h	d	b	t	P	$\frac{I}{v} = \frac{2I}{h}$
	mm	mm	mm	mm	k	
Cabezas estrechas.. .	80	4,5	40,0	7,0	7,00	0,000021087
	80	10,0	45,5	7,2	10,50	0,000026864
Idem íd.	100	5,0	43,0	7,5	9,00	0,000032144
	100	10,5	48,5	7,7	13,00	0,000041956
Idem íd	120	5,5	45,0	8,7	10,00	0,000046975
	120	11,0	50,5	9,0	15,00	0,000060573
Idem anchas.	125	7,0	75,0	8,5	16,00	0,000080814
	125	10,0	78,0	8,5	19,00	0,000088626
Idem estrechas. . . .	140	6,0	49,0	9,0	13,00	0,000064808
	140	12,0	55,9	9,2	19,00	0,000084408
Idem íd.	160	6,0	54,0	9,7	15,00	0,000088727
	160	12,0	59,5	9,8	22,00	0,000112193
Idem anchas.	175	8,0	80,0	11,0	22,50	0,000137890
	175	15,0	87,0	11,0	32,00	0,000193621
Idem estrechas. . . .	180	8,0	58,0	10,5	18,75	0.000121787
	180	15,0	65,0	10,7	28,50	0,000159587
Idem íd.	200	8,0	60,0	11,5	21,20	0,000153765
	200	15,0	67,0	11,7	32,15	0,000199880
Idem anchas	200	9,0	90,0	10,7	28,00	0,000219316
	200	15,0	96,0	10,8	37,50	0,000259316
Idem íd.	200	10,0	102,0	12,5	34,00	0,000272236
	200	15,0	107,0	12,5	42,00	0,000305569
Idem estrechas. . . .	220	8,5	64.0	11,7	24,60	0,000195659
	220	15,5	71,0	12,1	36,60	0,000260838
Idem anchas.	235	9,0	95,0	12,0	32,00	0,000297347
	235	14,0	100,0	12,0	41,00	0,000343369
Idem íd	235	10,0	106,0	12,7	38,00	0,000357460
	235	15,0	111,0	12.7	47,00	0,000403481
Idem íd.	250	10,0	100,0	12,5	37,00	0,000358229
	250	15,0	105,0	12,5	46,50	0,000410312
Idem íd.	250	10,0	115,0	12,1	38,00	0,000361986
	250	15,0	120,0	12,2	48,00	0,000414069
Idem íd.	250	11,0	130,0	13,5	46,00	0,000438408
	250	16,0	135,0	13,5	56,00	0,000490491

Album de Terre-Noire.

Hierro de	h	d	b	P	$\frac{I}{v} = \frac{2I}{h}$
	mm	mm	mm	k	
Cabezas anchas.	70	9	43	9,45	0,00002330
	70	11	51	10,55	0,00002492
Idem íd..	80	5	42	8,00	0,00002060
	80	8	45	9,87	0,00002380
Idem íd..	100	5	43	8,00	0,00003905
	100	9	47	11,10	0,00003771
Idem íd..	120	5	45	10,00	0,00004707
	120	10	50	14,68	0,00005667
Idem íd..	140	6	49	13,00	0,00006601
	140	13	56	20,64	0,00008881
Idem íd..	160	6,5	50	14,20	0,00008359
	160	15	58,5	24,80	0,00011985
Idem íd..	160	8	78	23,20	0,00015130
	160	12	82	27,99	0,00016840
Idem estrechas.	180	7,5	55	18,40	0.0001200
	180	16	63,5	30,43	0,0001650
Idem íd.	200	7	62	23,00	0,0001467
	200	20	75	43,00	0,0002332
Idem anchas.	200	7,5	100	34,00	0,0002734
	200	16	108,5	47,30	0,0003300
Idem estrechas.	220	7	62	24,50	0,0001819
	220	20	75	46,80	0,0002867
Idem anchas.	220	9	95	34,00	0,0003277
	220	14	100	42,60	0,0003680
Idem estrechas.	260	10	69	31,60	0,0002823
	260	20	79	52,00	0,0003950
Idem anchas	260	9	117	43,00	0,0004902
	260	14	122	51,00	0,0005465

Las letras indicadas en estos diversos cuadros se refieren á los hierros de las figuras 5 y 6 (pág. 7).

Album de Châtillon y Commentry.

Hierros de	h	d	b	t	P	$\frac{I}{v} = \frac{2I}{h}$
	mm	mm	mm	mm	k	
Cabezas estrechas . .	80	3,5	40	7	6,50	0,000019703
	80	10,0	46,5	7	11,00	0,000028697
Idem anchas.	80	3,5	55	8	7,50	0,000028054
	80	8,5	60	8	10.50	0,000033220
Idem estrechas. . .	100	5	43	7	8,25	0,000031859
	100	10	48	7	12,45	0,000040694
Idem anchas. . . .	100	4	60	9	10,00	0,000046804
	100	9	65	9	14,00	0,000054853
Idem estrechas. . . .	120	5	45	6	9,50	0,000043433
	120	12,5	52,5	7	17,00	0,000065333
Idem anchas.	120	7	70	10	16,00	0,000084196
	120	14	77	11	22,50	0,000102256
Idem estrechas. . . .	140	6	47	7	12,50	0.000060978
	140	13,5	54,5	8	21,30	0,000090153
Idem anchas.	140	8	80	13	22,24	0,000136622
	140	12	84	13	26,52	0,000145070
Idem estrechas. . . .	160	6,5	48	7	13,00	0,000079585
	160	16,0	57,5	8	26,70	0,000118252
Idem anchas.	160	8	80	11	22,00	0,000149335
	160	12	84	11	27,00	0,000168913
Idem íd.	160	10	120	13	34,50	0,000236816
	160	18	128	13	43,50	0,000279527
Idem íd.	170	10	100	11	28,90	0,000190399
	170	15	105	11	35,00	0,000225253
Idem íd.	175	8	80	9	19,50	0,000139222
	175	13	.85	9	26,20	0,000164742
Idem estrechas. . . .	180	7,5	55	10	20,00	0,000121315
	180	16,0	63,5	10	31,00	0,000167400
Idem anchas	180	8	70	12	22,00	0,000173244
	180	16	78	13	33,00	0,000215503
Idem íd.	180	8	100	13	29,00	0,000219963
	180	12	104	13	34,50	0,000250050
Idem estrechas. . . .	200	8	60	12	23,00	0,000171111
	200	16	68	12	37,50	0,000225111
Idem anchas.	200	10	110	13	38,00	0,000306869
	200	17	117	13	50,00	0,000342345
Idem íd.	200	12	200	14	70,00	0,000566734
	200	15	203	15	74,00	0,000583630
Idem estrechas. . . .	220	8	64	11	25,00	0,000199100
	220	16	72	12	40,00	0,000265180
Idem anchas. . . .	220	9	95	14	33,60	0,000314321
	220	14	100	14	40,50	0,000346275

Album de Châtillon y Commentry (continuación).

Hierro de	h	d	b	t	P	$\frac{I}{v} = \frac{2I}{h}$
	mm	mm	mm	mm	k	
Cabezas anchas. . . .	235	10	95	10,5	35,00	0,000338167
	235	15	100	10,5	44,00	0,000377985
Idem íd.	248	10	127	15	46,00	0,000478000
	248	14	131	15	53,00	0,000531100
Idem íd.	250	10	100	12	36,25	0,000357620
	250	17	107	12	49,90	0,000430536
Idem estrechas. . . .	260	10	69	13	31,50	0,000282265
	260	20	79	14	50,00	0,000386789
Idem anchas.	260	9	117	15	43,00	0,000480519
	260	14	122	15	51,00	0,000536000
Idem íd.	300	12	120	17	65,00	0,000732142
	300	20	128	18	85,00	0,000857143
Idem íd.	350	14	150	21,7	84,25	0.001200000
	350	16	152	21,7	89,75	0,001240449

Album de las Forjas de Montataire.

Hierro de	h	d	b	t	P	$\frac{I}{v} = \frac{2I}{h}$
	mm	mm	mm	mm	k	
Cabezas estrechas . .	100	6	42	8	8,06	0,000034437
	100	11	47	8	12,06	0,000042770
Idem íd.	120	6	45	9	11,10	0,000050518
	120	11	50	9	15,85	0,000062518
Idem íd.	140	7	50	10	13,25	0,000074876
	140	12	55	10	18,00	0,000091209
Idem íd.	160	8	55	8,5	16,50	0,000091502
	160	15	62	8,5	25,00	0,000121368
Idem anchas.	175	8	80	9	23,50	0,000142969
	175	13	85	9	30,30	0,000168490
Idem estrechas. . . .	180	9	60	10	20,00	0,000138615
	180	16	67	10	30,08	0,000175900
Idem íd.	200	9	65	10	22,00	0,000161173
	200	16	72	10	23,00	0,000207839
Idem íd.	220	9	65	10,5	24,30	0,000190005
	220	18	74	10,5	39,00	0,000262605

Album de las Forjas de Franche-Comté.

Perfil núm.	Hierro de	h	d	b	P	$\frac{I}{v} = \frac{2I}{h}$
		mm	mm	mm	k	
63	Cabezas estrechas. . .	80	4	38	6,50	0,000021059
64		80	8	42	9.00	0,000025326
65	Idem íd.	100	5	44	9,00	0,000036075
66		100	8	47	11,50	0.000041075
67	Idem íd	120	6	46	10,70	0,000050585
68		120	11	51	15,00	0,000062585
204	Idem anchas.	120	6	70	18,00	0.000092088
205		120	12	76	23,50	0,000106488
69	Idem estrechas. . . .	140	7	46	14,00	0,000073444
70		140	12	51	19,50	0,000089894
202	Idem anchas.	140	7	80	22,00	0,000130604
203		140	14	87	29,50	0,000153471
71	Idem estrechas. . . .	160	7	47	16,00	0,000096242
72		160	13	53	23,50	0,000122863
190	Idem anchas.	160	5,5	80	23,00	0,000155450
191		160	14,0	86,5	31,00	0,000183183
193	Idem íd..	175	7,5	80	24,50	0,000175635
189		175	14,0	86,5	32,00	0,000203708
73	Idem estrechas. . . .	180	8	53	20,00	0,000134340
74		180	15	60	30,00	0,000172561
115	Idem anchas.	180	10	100	32,00	0,000241824
116		180	15	105	39,00	0,000268824
75	Idem estrechas. . . .	200	8	59	24,50	0,000191917
76		200	15	66	35,59	0,000239522
200	Idem anchas.	200	10	100	35,00	0,000291059
201		200	16	106	44,50	0,000331059
77	Idem estrechas. . . .	220	8	60	25,00	0,000217224
78		220	16	68	38,00	0,000281757
113	Idem anchas	220	10	110	36,00	0,000344099
114		220	16	116	46,00	0,000392499
192	Idem íd.	235	10	90	34,00	0,000322095
188		235	16	96	45,00	0,000377320
79	Idem íd.	260	10	120	45,50	0 000498833
80		260	19	129	64,00	0,000601799
111	Idem íd	300	12	120	57,00	0,000700860
112		300	20	128	76,00	0,000820860

Hierros de doble ⊤ de las Forjas de Ars-sur-Moselle.

Perfil núm.	Hierro de	h	d	b	t	P	$\frac{I}{v} = \frac{2I}{h}$
		m/m	m/m	m/m	m/m	k	
1 a		80	6	54,5	7,5	9,50	0.0000300
2 b		100	6	49	9	12,00	0,0000390
3 a		125	6	75	9	15,00	0,0000825
b		124	8	82	9	17,00	0,0001050
5 a		150	7	80	10	20.00	0,0001215
b		149	8	86	11	23,00	0,0001600
7 a		175	8	80	11	23,00	0,0001600
b		174	9	86	11	26,50	0,0001720
c		180	8	100	12	30,50	0.0002100
8 a		200	8	100	11	30,00	0,0002390
b		199	9	105	12,3	32,00	0,0002630
c		200	9	110	13	34,80	0,0002780
9 a		235	9,5	92	10,5	31,50	0,0002740
b	Cabezas anchas	235	11	96	14	36,00	0,0003480
c		233	11	108	15	41,50	0,0003800
10 a		261	11,5	100	13,5	39,50	0,0004040
b		260	11,5	107	15	45,50	0,0004800
c		260	12	130	14	51,00	0,0005120
d		259	14	117	19	60,00	0,0005890
11 a		300	12	130	15,5	58,00	0,0006740
b		299	13	138	17	65,50	0,0007590
12 a		320	14	138	19	73,75	0,0008840
b		325	17	140	20	80,00	0,0009480
13 a		305	15	152	23	83,00	0,0010470
15 a		400	16	140	17	83,00	0,0012000
c		410	15	160	18	92,50	0,0014660

Nota relativa al empleo de los hierros de cabezas anchas.— Para constituir pisos ó dinteles muy cargados para fachadas, cuando el espesor del piso ó la altura de que se puede disponer es limitada, los hierros en doble ⊤ (**I**) de cabezas estrechas deben ser reemplazados por los de cabezas anchas. Desde el punto de vista de la resistencia, se compensa en parte, por el aumento de las dimensiones horizontales, la disminución de la altura de las viguetas.

Fábricas españolas.

Vizcaya (Bilbao).

	Número del perfil.	Dimensiones en milímetros h	b	d	t	Sección F en cm².	Peso por m G Kgs.	Momentos (en cm) para el plano de flexión De inercia.	Resistencia.
Ala estrecha.	1	100	44	6	8,85	12,80	10,0	187,5	37,50
	2	120	45	7	9,2	15,40	12,0	315,8	52,6
	4	140	45	7	10,6	17,92	14,0	498,4	71,2
	6	160	49	7	10,1	20,50	16,0	716,8	89,6
	8	180	55	7	10,8	23,00	18,0	1071,0	119,0
	10	200	62	7	10,6	25,60	20,0	1540,0	154,0
Ala ancha.	10 A	100	50	4,5	6,75	10,69	8,3	171	34
	12	120	58	5,1	7,7	14,27	11,1	331	55,1
	14	140	66	5,7	8,6	18,35	14,3	579	82,7
	16	160	74	6,3	9,5	22,9	17,9	945	118
	18	180	82	6,9	10,4	28,0	21,9	1460	162,0
	20	200	100	7,5	11,5	37,38	29,0	2726	272,6
	22	220	110	8,0	12,75	45,0	35,0	3506	318,7
	24	240	115	10,0	14,5	56,4	43,9	5028	419,0
	26	260	113	9,4	14.1	53,7	41,9	5798	446
	28	280	119	10,1	15,2	61,4	47,9	7658	547
	30	300	125	10,8	16,2	69,4	54,1	9888	659

Sociedad de altos hornos y fábricas de hierro y acero de Bilbao.

	Número del perfil.	DIMENSIONES EN MILÍMETROS				Sección F en cm².	Peso por m G Kgs.	MOMENTOS (en cm) PARA EL PLANO DE FLEXIÓN	
		h	b	d	t			De inercia.	Resistencia.
Ala estrecha.	1	100	44	6	8,75	12 80	10,0	187,5	37,5
	2	120	45	7	9,25	15,40	12,0	319,2	53,2
	4	140	45	7	9,75	17,92	14,0	498,4	71,2
	6	160	49	7	10,00	20,50	16,0	716,8	89 6
	8	180	55	7	10,25	23,00	18,0	1071,0	119,0
	9	200	62	7	10,60	25,60	20,0	1540,0	154,0
Ala ancha.	1/8	80	42	3,9	5,9	7,6	5,9	78,4	19,6
	10	100	50	4,5	6,8	10,69	8,3	172	34,4
	12	120	58	5,1	7,7	14,27	11,1	331	55.1
	14	140	66	5,7	8,6	18,37	14.7	579	82,7
	16	160	74	6,3	9,5	22,9	17,9	945	118
	18	180	82	6,9	10,4	28,0	21,9	1460	162
	20	200	90	7,5	11,3	33,7	26,2	2162	216
	22	220	98	8,1	12,2	39.8	31,0	3090	281
	24	240	106	8,7	13,1	46,4	36,2	4288	357
	26	260	113	9,4	14,1	53,7	41,9	5798	446
	28	280	119	10.1	15,2	61,4	47,9	7658	547
	30	300	125	10,8	16.2	69,4	54,1	9888	659
	32	320	131	11,5	17,3	83,0	61,0	13031	814

Sociedad «Material para ferrocarriles y construcciones», Barcelona.

h	d	b	P	$\frac{I}{v} = \frac{2I}{\ }$
mm	mm	mm	kg	
80	6	45	8,77	0,000027
100	6	45	9,63	0,000038
130	7	50	12,90	0,000068
160	7	55	16,30	0,000096
180	8	60	19,88	0,000134
200	8	65	22,64	0,000159
225	9	70	26,83	0,000222
300	12	145	66,00	0.000733

Fábrica de Mieres (Asturias).

h	d	b	P	CARGA UNIFORMEMENTE REPARTIDA PARA LUCES DE					
				4 metros con el coeficiente		6 metros con el coeficiente		8 metros con el coeficiente	
				8 kg.	10 kg.	8 kg.	10 kg.	8 kg.	10 kg.
mm	mm	mm	kg						
80	5	40	7	337	421	225	281	169	211
80	8	43	10	429	537	287	357	215	268
100	5	44	9	514	642	342	428	257	321
100	8	47	13	671	839	446	559	335	419
120	6	48	12	808	1010	536	670	404	505
120	10	52	16	924	1155	616	770	460	575
140	6	52	14	1048	1310	724	905	545	681
140	10	56	18	1248	1560	832	1040	620	744
160	7	55	16	1512	1890	1008	1260	755	944
160	11	55	24	1900	2375	1256	1570	940	1175
180	7	58	20	1901	2376	1267	1584	950	1187
180	11	62	28	2521	3151	1680	2100	1260	1575
200	8	60	22	2460	3075	1640	2050	1230	1537
200	12	64	33	3198	3997	2132	2665	1599	1999
220	8	62	25	3130	3910	2080	2600	1560	1950
220	12	66	36	4170	5210	2780	3470	2080	2600
200	9	100	32	4352	5440	2896	3620	2170	2712
200	15	106	45	4878	6090	3248	4060	2430	3037
250	11	115	45	7024	8780	4672	5840	3510	4387
250	17	121	62	8028	10035	5352	6690	4010	5010

Fábrica de la Felguera, Duro y C.ª, Asturias.

ALAS ESTRECHAS					ALAS ANCHAS				
h	d	b	P	$\frac{I}{v}$ (en cm)	h	d	b	P	$\frac{I}{v}$ (en cm)
mm	mm	mm	kg		mm	mm	mm	kg	
80	5	40	7,25	22,642	160	7,2	80	21,25	140,300
80	8	43	9,12	25,842	160	11,2	84	26,25	157,366
100	5,4	44	9,15	35,474	180	7,6	90	25,30	189,612
100	8,4	47	11,49	40,474	180	11,6	94	30.90	211,211
120	5,8	48	11,25	51,897	200	8	100	29,65	248,697
120	8,8	51	14,05	59,097	200	12	104	35,90	275,364
130	6	50	12,35	61,581	220	8,6	103	34,10	312,127
130	9	53	15,39	70,031	220	13,6	110	42,65	352,46
140	6,2	52	13,50	72,313	240	9,2	110	38,90	385,248
140	10,2	58	17,86	85,380	240	14,20	115	48,25	433,248
150	6,4	54	14,70	84,145	250	9,5	112,50	41,40	425,654
150	10,4	58	19,38	99,145	250	15	118	52,10	482,946
160	6,6	56	15,95	97,126	260	9,8	115	43,95	468,736
160	10,6	60	20,95	114,19	260	14,8	120	54,10	525,069
180	7	60	18,60	126,738	280	10,4	120	49,35	563,263
180	11	64	24,22	148,338	280	15,4	125	60,25	628,596
190	7,2	62	20,00	143,470	300	11	125	55,05	669,503
190	11,2	66	25,93	167,530	300	16	130	66 75	744,503
200	7,4	64	21,40	161,55					
200	11,4	68	27,64	188,220					
220	7,8	68	24,50	201,977					
220	11,8	72	31,36	234,240					

CUADRO núm. 1, que da las dimensiones, los pesos por metro lineal y las cargas uniformemente repartidas que pueden soportar las viguetas de ACERO de cabezas estrechas y de cabezas anchas.

Dimensiones de los perfiles.	Peso de las viguetas por metro lineal.	Valores de $\frac{I}{v}$.	CARGAS UNIFORMEMENTE REPARTIDAS CORRESPONDIENTES Á LAS CARGAS DE SEGURIDAD DE 9^k PARA EL ACERO POR m/m^2 DE SECCIÓN PARA LUCES DE 1 Á 10 METROS.									
			1 metro. . .	2 metros. . .	3 metros. . .	4 metros. . .	5 metros. . .	6 metros. . .	7 metros. . .	8 metros. . .	9 metros. . .	10 metros. .
80 × 42 × 3,9	6,00	0,000,019.600	1411	706	470	353	282	235	202	176	157	141
80 × 55 × 3,5	7,65	0,000.028.056	2020	1005	673	505	405	337	288	253	224	202
100 × 42 × 4,5	7,50	0,000.029.126	2097	1048	699	524	419	349	299	262	233	209
100 × 50 × 4,1	8,20	0,000.034.400	2477	1238	826	619	495	413	354	310	275	248
100 × 60 × 4	10,20	0,000.045.550	3280	1640	1093	820	656	547	470	410	364	328
120 × 44 × 5	9,00	0,000.041.686	2958	1479	986	739	591	493	422	369	328	296
120 × 58 × 5,1	11,10	0,000.055.100	3967	1984	1322	992	793	661	567	496	441	397
120 × 70 × 5	14,75	0,000.074.280	5348	2674	1783	1337	1069	891	704	668	594	534
140 × 48 × 5,25	11,20	0,000.058.766	4303	2151	1434	1076	861	717	615	538	478	430
140 × 66 × 5,7	14,30	0,000.082.700	5954	2977	1985	1489	1191	992	851	744	662	595
140 × 80 × 6	18,36	0,000.111.460	8025	4012	2675	2006	1605	1337	1146	1003	892	803
160 × 52 × 5,5	13,20	0,000.080.225	5776	2888	1925	1444	1155	963	825	722	641	577
160 × 74 × 6,3	14,50	0,000.118.900	8561	4280	2854	2140	1712	1427	1223	1070	951	856
160 × 80 × 7	19,00	0,000.132.600	9347	4773	3182	2386	1910	1591	1364	1193	1061	955
180 × 55 × 6	15,70	0,000.105.887	7622	3811	2540	1905	1524	1270	1089	952	847	762
175 × 91 × 8	14,00	0,000.157.100	11311	5656	3770	1828	2262	1885	1616	1414	1257	1131
180 × 100 × 7	27,64	0,000.217.880	15687	7843	5229	3922	3137	2614	2241	1961	1743	1569
200 × 60 × 6,5	18,70	0,000.139 990	10079	5039	3359	2519	2015	1679	1439	1259	1119	1008
200 × 95 × 7,25	26,84	0,000.229.200	16502	8251	5501	4126	3300	2750	2357	2063	1834	1650
200 × 100 × 8	29,58	0,000.241.530	17390	8695	5463	4448	3478	2898	2484	2173	1932	1739
220 × 65 × 7	21,70	0,000.178.064	12820	6410	4273	3205	2564	2136	1831	1602	1424	1282
220 × 98 × 8,1	30,00	0,000.281.000	20232	10116	6744	5058	4046	3372	2890	2529	2248	2023
220 × 100 × 10	33,66	0,000.190.700	20930	10465	6976	5233	4186	3488	2990	2616	2326	2093
240 × 66 × 10	29,06	0,000.241.690	17402	8701	5801	4351	3480	2900	2772	2175	1933	1740
240 × 106 × 8,7	35,20	0,000.357.200	25718	12859	8573	6430	5144	4286	3674	3215	2858	2572
260 × 68 × 10	32,64	0,000.301.800	21730	10865	7243	5433	4346	3622	3104	2716	2414	2173
260 × 113 × 9,4	41,90	0,000.446.000	32112	16056	10706	8028	6422	5352	4587	4014	3568	3211
260 × 117 × 9	43,50	0,000.377.940	27212	13606	9070	6803	5440	4535	3887	3401	3023	2720
280 × 100 × 10	42,84	0,000.479.600	34531	17266	11510	8634	6906	5755	4933	4316	3837	3453
280 × 119 × 10,1	47,90	0,000.547.000	39384	19692	13128	9840	7877	6564	5626	4923	4376	3938
300 × 130 × 9	51,00	0,000.688.090	43782	21891	14594	10945	8756	7297	6254	5473	4864	4378
300 × 125 × 10	52,40	0,000.649.300	46750	23375	15583	11687	9350	7792	6679	5844	5194	4675

CUADRO núm. 2, que da las dimensiones, los pesos por metro lineal y las cargas uniformemente repartidas que pueden soportar las viguetas de HIERRO de cabezas estrechas y de cabezas anchas.

Dimensiones de los perfiles.	Peso de las viguetas por metro lineal..	Valores de $\frac{I}{v}$.	Cargas uniformemente repartidas correspondientes á las cargas de seguridad de 6^{k} para el hierro por $^{m}/_{m^2}$ de sección para luces de 1 á 10 metros.									
			1 metro..	2 metros..	3 metros..	4 metros..	5 metros..	6 metros..	7 metros..	8 metros..	9 metros..	10 metros.
80 × 41 × 4	6,50	0,000.021.570	1034	517	345	258	207	172	147	129	115	103
80 × 55 × 3,5	7,50	0,000.028.054	1346	673	448	336	269	224	192	168	150	135
100 × 43 × 4,5	8,50	0,000.034.004	1632	816	544	408	326	272	233	204	181	163
100 × 60 × 4	10,00	0,000.045.550	2188	1094	729	547	437	364	312	272	243	219
120 × 45 × 5	9,75	0,000.045.507	2184	1092	728	546	436	364	312	273	243	218
120 × 70 × 5	14,00	0,000.074.280	3564	1782	1188	891	714	595	508	445	396	356
140 × 47 × 6	12,50	0,000.064.902	3114	1557	1038	778	623	519	445	389	346	311
140 × 80 × 6	18,00	0,000.111.460	5350	2675	1782	1337	1069	891	764	668	594	535
160 × 47 × 6	13,50	0,000.078.153	3750	1875	1250	937	750	625	536	468	417	375
160 × 80 × 7	18,50	0,000.132.600	6364	3182	2123	1591	1273	1061	909	795	707	636
180 × 55 × 7	18,50	0,000.128.280	6144	3072	2052	1536	1231	1026	879	768	683	614
180 × 100 × 7	27,10	0,000.217.880	10458	5229	3486	2619	2090	1743	1494	1309	1162	1046
200 × 64 × 7,5	20,50	0,000.169.980	8158	4079	2119	2039	1631	1359	1165	1019	906	826
200 × 100 × 8	29,00	0,000.241.530	11592	5796	3804	2898	2318	1932	1656	1449	1288	1159
220 × 4 × 8	24,06	0,000.196.800	9446	4723	3148	2361	1889	1594	1349	1180	1050	945
220 × 100 × 10	33,00	0,000.290.790	13956	6978	4652	3489	2791	2326	1994	1744	1550	1396
240 × 66 × 10	28,50	0,000.241.690	11600	5800	3866	2900	2320	1933	1657	1450	1289	1160
260 × 68 × 10	32,00	0,000.301.800	14488	7244	4821	3622	2807	414	2069	1811	1609	1449
260 × 117 × 9	43,50	0,000.377.940	18140	9070	6046	4535	3628	3023	2733	2267	2016	1814
280 × 100 × 10	42,00	0,000.479.600	23020	11510	7673	5755	4603	3836	3288	2877	2558	2302
300 × 130 × 9	50,00	0,000.688.090	29186	14593	9729	7296	5837	4864	4164	3648	3243	2919

Nota.—El cuadro precedente da las cargas totales y uniformemente repartidas de las viguetas de hierro, calculadas con el coeficiente de trabajo de 6 kilogramos por milímetro cuadrado. Dedúcense de ellas fácilmente las cargas correspondientes para los coeficientes de 8 y 10 kilogramos, aumentando las cifras del cuadro respectivamente en un tercio y en dos tercios. *Ejemplo:* El hierro de (180 × 55 × 7) milímetros da, para la luz de 4 metros, la carga de 1 536 kilogramos (con el coeficiente 6 kilogramos); de donde se deduce, con el coeficiente 8 kilogramos, una carga de 1.536 más el tercio de este número, es decir, 1.536 + 512 = 2.048 kilogramos, y con el coeficiente 10 kilogramos, la carga será 1.536 + 1.024 = 2.560 kilogramos.

Pesos de los hierros de ángulo.

HIERROS CON LAS DOS ALAS IGUALES				HIERROS CON LAS DOS ALAS DESIGUALES			
Dimensiones en milímetros.	Peso por metro.	Dimensiones en milímetros.	Peso por metro.	Dimensiones en milímetros.	Peso por metro.	Dimensiones en milímetros.	Peso por metro.
$\frac{40 \times 40}{5}$	2^{k},90	$\frac{40 \times 40}{8}$	4^{k},60	$\frac{45 \times 20}{5}$	2^{k},50	$\frac{100 \times 80}{12}$	15^{k},00
$\frac{50 \times 50}{6}$	4 ,40	$\frac{50 \times 50}{9}$	6 ,60	$\frac{55 \times 45}{6}$	4 ,40	$\frac{110 \times 65}{10}$	12 ,50
$\frac{55 \times 55}{7}$	5 ,50	$\frac{55 \times 55}{9}$	7 ,00	$\frac{60 \times 35}{8}$	6 ,50	$\frac{120 \times 80}{13}$	19 ,00
$\frac{60 \times 60}{8}$	7 ,00	$\frac{60 \times 60}{10}$	9 ,00	$\frac{70 \times 35}{5}$	4 ,00	$\frac{120 \times 90}{14}$	21 ,00
$\frac{65 \times 65}{9}$	8 ,40	$\frac{65 \times 65}{11}$	9 ,80	$\frac{70 \times 40}{8}$	7 ,00	$\frac{125 \times 80}{9}$	13 ,60
$\frac{70 \times 70}{9}$	9 ,40	$\frac{70 \times 70}{12}$	12 ,00	$\frac{70 \times 50}{7}$	6 ,20	$\frac{130 \times 90}{13}$	21 ,00
$\frac{75 \times 75}{9}$	10 ,00	$\frac{75 \times 75}{13}$	14 ,00	$\frac{80 \times 50}{9}$	8 ,00	$\frac{140 \times 80}{14}$	22 ,00
$\frac{80 \times 80}{10}$	11 ,50	$\frac{80 \times 80}{14}$	15 ,50	$\frac{80 \times 60}{10}$	10 ,60	$\frac{140 \times 100}{15}$	26 ,50
$\frac{85 \times 85}{11}$	13 ,00	$\frac{85 \times 85}{15}$	17 ,00	$\frac{90 \times 60}{10}$	11 .20	$\frac{150 \times 70}{14}$	21 ,00
$\frac{90 \times 90}{11}$	14 ,00	$\frac{90 \times 90}{15}$	21 ,00	$\frac{90 \times 70}{9}$	10 ,50	$\frac{150 \times 90}{14}$	24 ,50
$\frac{100 \times 100}{12}$	17 ,00	$\frac{100 \times 100}{6}$	23 ,00	$\frac{95 \times 60}{7}$	9 ,20	$\frac{160 \times 90}{14}$	26 ,00
$\frac{120 \times 120}{13}$	23 ,00	$\frac{120 \times 120}{16}$	29 ,00	$\frac{100 \times 65}{13}$	16 ,00	$\frac{160 \times 120}{15}$	31 ,00

Cuadro de las resistencias de los hierros laminados en doble ⊤ para pisos.

h = Altura del hierro. l = Luz de la vigueta. R = 6, 8, 10 ó 12 kilogramos por milímetro cuadrado. F = Peso del hierro en kilogramos por metro. pl = Carga total uniformemente repartida en la vigueta. $\frac{l}{h}$ = Razón de la luz de la vigueta á su altura.

Razón $\left(\frac{l}{h}\right)$ de la luz á la altura de la vigueta.	VALORES DE $\frac{pl}{F}$ CALCULADOS CON LOS COEFICIENTES			
	6 kilogramos por milímetro cuadrado.	8 kilogramos por milímetro cuadrado.	10 kilogramos por milímetro cuadrado.	12 kilogramos por milímetro cuadrado.
5	369	493	616	738 kil.
6	312	405	513	624
7	264	352	440	528
8	231	308	385	462
9	205	273	340	410
10	185	246	308	370
11	168	224	280	336
12	154	205	256	308
13	142	189	237	284
14	132	176	220	264
15	123	164	205	246
16	115	154	192	230
17	108	145	181	216
18	102	137	171	204
19	97,2	129	162	194
20	92,4	123	154	185
21	87,9	117	146	175
22	84,0	112	140	168
23	80,4	107	134	160
24	76.9	102	128	154
25	73,9	98,5	123	147
26	71.0	95,7	118	142
27	68,4	91,2	114	137
28	66,0	88,0	110	132
29	63,7	84,9	106	127
30	61,5	82,0	102	123
31	59,6	79,5	99,3	119
32	57,7	76,9	96,2	115
33	56,0	74,6	93,3	112
34	54,3	72,4	90,6	108
35	52,8	70,4	88,0	105
36	51,3	68,4	85,5	102
37	49,9	66.6	83,8	100
38	48,6	64,8	81,0	97
39	47,4	63,1	78,9	94
40	46,2	61,6	77,0	92

Cargas de los hierros laminados para pisos, llamados hierros en doble T.—Al comparar los hierros ordinarios de cabezas estrechas de las diferentes fábricas, se ob-

serva que, á pesar de la diversidad que presentan en cuanto á sus perfiles y á sus pesos, su resistencia ó la carga que pueden soportar depende principalmente de dos elementos: la altura del hierro y su peso por metro lineal. De suerte que, prácticamente, dos hierros de igual altura y del mismo peso son muy próximamente equivalentes desde el punto de vista de la resistencia. Partiendo de esta aproximación, bien comprobada, se puede formar un cuadro que permite calcular la carga que puede sostener un hierro cuya altura y cuyo peso son conocidos.

En el cuadro de la página 21, la primera columna de la izquierda expresa la razón entre la luz de la vigueta y su altura; las otras cuatro columnas dan á conocer la relación ó cociente de la carga total uniformemente repartida en la vigueta y su peso por metro lineal. El cuadro ha sido calculado con los coeficientes de resistencia 6, 8, 10 y 12 kilogramos por milímetro cuadrado. Este último coeficiente es aplicable á las viguetas de acero en doble T, que se encuentran únicamente en algunas fábricas.

Aplicaciones del cuadro precedente.—Primer ejemplo.—Calcular el peso de una vigueta de hierro en doble T (de cabezas estrechas), que debe soportar una carga de 4.800 kilogramos uniformemente repartidos según su luz de 8 metros, siendo la altura de la vigueta de $0^{m},30$ y el coeficiente de resistencia 8 kilogramos por milímetro cuadrado.

Solución.—La razón de la luz de 8 metros á la altura $0^{m},30$ de la vigueta es:

$$\frac{l}{h} = \frac{8}{0,30} = 26,6 \text{ metros.}$$

Para esta razón de 26,6 (comprendida entre 26 y 27, primera columna de la izquierda), y con el coeficiente 8 kilogramos por milímetro cuadrado, el cuadro da aproximadamente:

$$\frac{pl}{F} = 93;$$

de donde resulta que el peso F del hierro por metro lineal es:

$$F = \frac{pl}{93} = \frac{4800}{93} = 51{,}6 \text{ kilogramos},$$

ó sea:

$$F = 52 \text{ kilogramos.}$$

Segundo ejemplo.—Calcular la carga uniformemente repartida de una vigueta de 5 metros de luz y de $0^m{,}25$ de altura, siendo 6 kilogramos por milímetro cuadrado el coeficiente de resistencia y 38 kilogramos por metro lineal el peso de la vigueta.

Solución.—La razón de la luz de la vigueta á su altura es:

$$\frac{l}{h} = \frac{5}{0{,}25} = 20.$$

Para esta razón, que se encuentra en la primera columna de la izquierda, el cuadro da, con el coeficiente de resistencia de 6 kilogramos por milímetro cuadrado, la relación:

$$\frac{pl}{F} = 92{,}4;$$

de donde resulta:

$$pl = 92{,}4, \quad F = 92{,}4 \times 38 \text{ kilogramos},$$

ó sea:

$$pl = 3.500 \text{ kilogramos próximamente.}$$

Nota.—En el cuadro precedente (pág. 21), la letra F designa especialmente el peso de un hierro en doble ⊤ de cabezas estrechas. Si se tratase de un hierro reforzado de cabezas anchas, el cuadro no daría más que una aproximación. En estos casos, para determinar F sería preciso disminuir el resultado de 10 á 15 por 100, y si se tratase de determinar la carga total, se obtendría un resultado por defecto relativamente á la carga real en 10 á 15 por 100 próximamente.

Arriostramiento y forjado de los pisos metálicos.— Las vigas y viguetas de hierro se fabrican con una curvatura cuya flecha es de $\frac{1}{200}$ á $\frac{1}{300}$ con relación á la luz, y al colocar-

las se dirige la concavidad hacia abajo, de modo que forman un arco. Cada dos viguetas contiguas se hallan enlazadas ordinariamente á distancias variables de $0^m,70$ á 1 metro por medio de *riostras* (fig. 7), formadas por cuadradillos de $0^m,014$ á $0^m,020$ de lado en la sección; sobre estas riostras transversales se apoyan, á distancias de unos $0^m,20$, riostras longitudinales de $0^m,007$ á $0^m,011$; las transversales se apoyan en las cabezas superiores de las viguetas enganchándose á ellas, y se encorvan á ángulo recto para bajar hasta el nivel de las cabezas inferiores. Sobre la red ó cuadrícula formada por las riostras transversales y longitudinales se apoya el forjado del piso, quedando los espacios comprendidos entre las viguetas subdivididos en casillas rectangulares de $0^m,75$ por $0^m,25$ próximamente. Hay dos ó tres riostras longitudinales entre cada dos viguetas, según la separación de estas últimas.

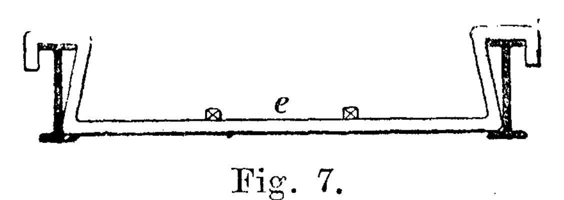


Fig. 7.

Las viguetas pueden también hallarse arriostradas por tirantes que atraviesan el alma á la mitad de su altura.

Las viguetas son generalmente hierros en **I** de $0^m,14$ á $0^m,20$ de altura; se colocan á distancias variables de $0^m,60$ á 1 metro (por término medio $0^m,75$); lo mismo sucede con las riostras transversales, que son perpendiculares á las viguetas y sirven para ligarlas. Las riostras de hierros cuadradillos se enganchan en los muros y en las viguetas; las de hierros redondos se sujetan con tuercas por sus extremos, que son fileteados.

Las figuras 8 á 10 representan la planta y dos cortes de un piso, que es una variante del tipo precedente.

Las figuras 11 y 12 muestran la planta y el corte de un piso de hierro arriostrado con un enzoquetado de piezas de madera.

Los pisos de hierro que cubren los sótanos llevan como forjado las más veces bovedillas de ladrillo macizo ó hueco.

Los pisos superiores se forjan frecuentemente con yeso ó yesones ó con fragmentos de piedra blanda. La capa de yeso, cuyo

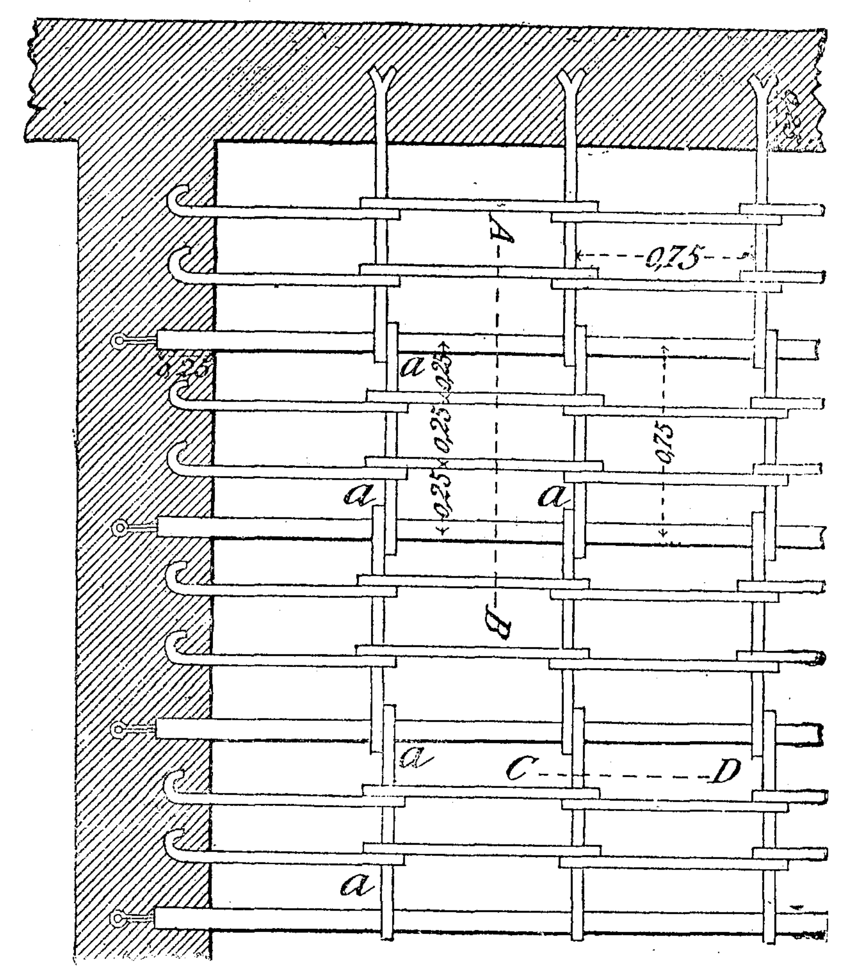


Fig. 8 (véanse los cortes en las figs. 9 y 10).

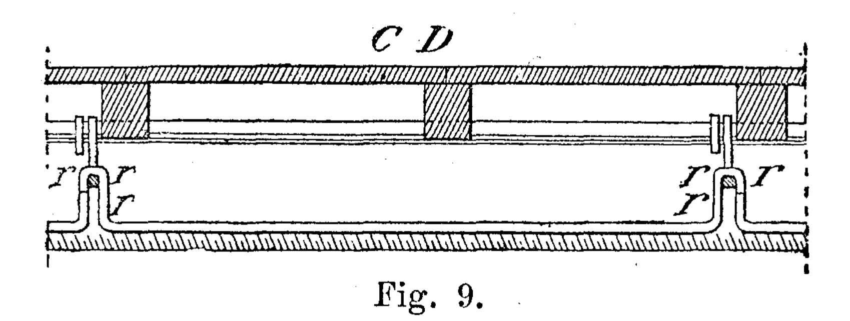


Fig. 9.

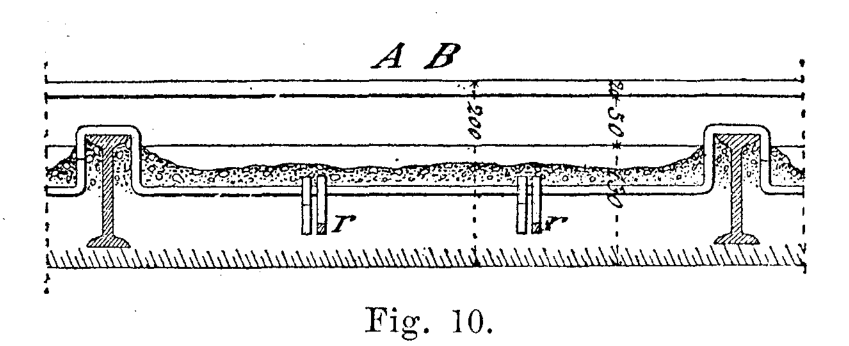


Fig. 10.

espesor se aumenta junto á las viguetas, presenta su superficie superior en forma de bovedilla invertida, que descansa en las cabezas inferiores de las viguetas. Los durmientes se colocan sobre muretes de yeso apoyados en el forjado, arriostrados de trecho en trecho pcr cadenas ó nervios también de yeso (fig. 13).

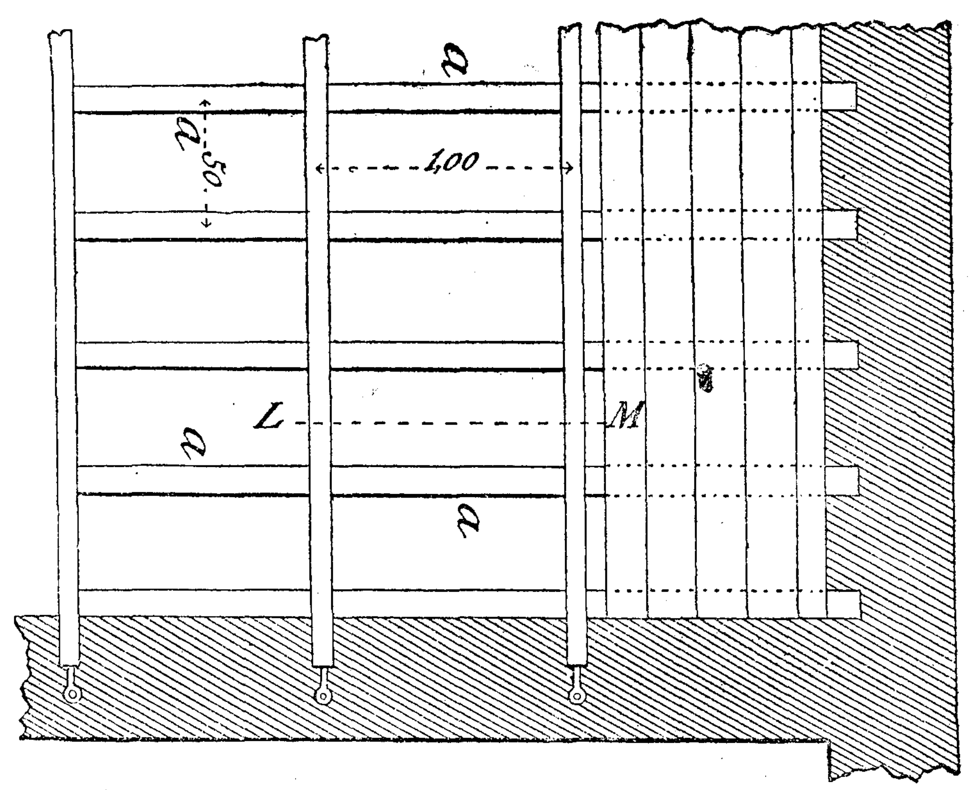


Fig. 11.

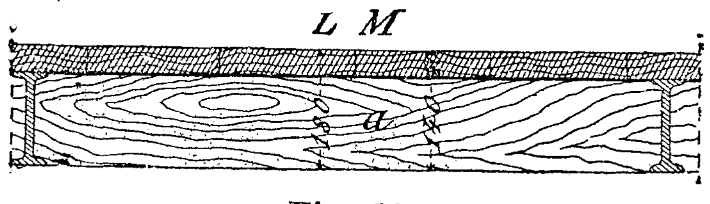


Fig. 12.

Construyense, principalmente para los pisos bajos, bovedillas de piezas huecas de barro cocido ó arcos de terracota ó de yeso, que proporcionan un forjado muy ligero. Estos forjados, que evitan la transmisión del sonido, permiten suprimir las riostras longitudinales y las transversales (como se verá más adelante). El cielo raso se puede construir sin enlistonado debajo del forjado.

Se debe evitar el empuje del forjado de los pisos contra los

muros frente al empotramiento de las viguetas. Con este objeto se deja un espacio hueco de $0^m,05$ á $0^m,10$ junto á estos muros.

Si el piso es macizo, se puede colocar directamente sobre él el embaldosado; en caso contrario, se debe apoyar sobre una capa de yeso de $0^m,04$ extendida sobre un enlistonado que descansa á su vez en las viguetas.

Los entarimados [1] se colocan generalmente sobre el forjado, ó se fijan sobre durmientes separados entre sí de $0^m,40$ á $0^m,50$ (figura 52).

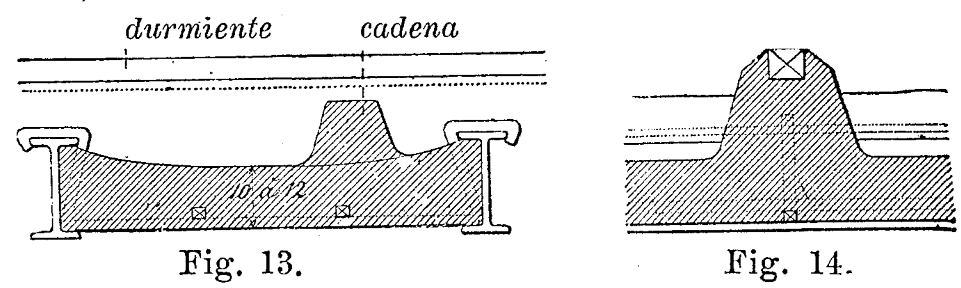


Fig. 13. Fig. 14.

El *forjado de yeso ó de yesones* es el más generalmente usado. Constrúyese colocando debajo de las viguetas un piso provisional de tablas de andamiajes que sirve de cimbra; se sostiene por medio de carreras apoyadas en postes verticales; se vierte yeso entre las viguetas, mezclándole yesones exentos de hollín, y después otra capa de yeso, que se termina en la parte superior por una superficie cóncava en forma de bovedilla invertida, que se obtiene con la llana (fig. 13).

A fin de evitar los efectos de la dilatación que se produce al secarse el yeso no se forja completamente el último tramo contiguo al muro, sino que se hace la unión después que esté seca la masa.

Cuando el forjado ha de sostener un piso de baldosas, no se dispone su parte superior en forma de bovedilla invertida; en este caso, el forjado es macizo y se enra a con las cabezas superiores de las viguetas.

También se emplea el arriostramiento con pequeños hierros

(1) Para los entarimados, véase nuestro tomo V.

en doble T vueltos á escuadra para ensamblarlos con las viguetas, el de hierros planos acodillados en sus extremos y enganchados á las viguetas ó sujetos á ellas por medio de pernos (fig. 15).

El arriostramiento por medio de *cuadradillos de longitud igual á la separación de las viguetas*, y cuyos extremos se apoyan en las cabezas inferiores de aquéllas (fig. 16), sólo se usa cuando las viguetas son de cabezas anchas.

Los pisos *forjados con mortero y fragmentos de mampuestos* se hacen casi siempre macizos, y convienen para los pisos bajos cuyo pavimento es de cemento ó embaldosado.

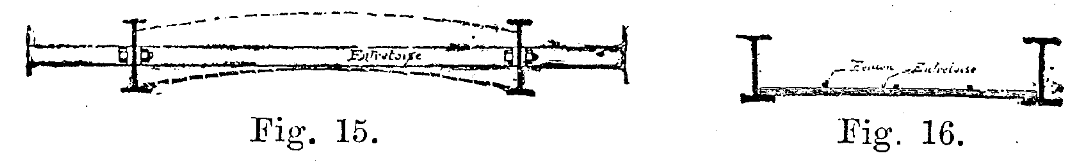


Fig. 15. Fig. 16.

EXPLICACIÓN: *Entretoise*, riostra transversal.—*Fenton*, riostra longitudinal.

Se puede emplear uno de los precedentes sistemas de arriostramiento ó mantener la separación de las viguetas por medio de verdaderos pernos (figs. 17 y 52); dispónense cruzados y distantes entre ejes un metro próximamente; pueden colocarse encima riostras longitudinales rectas ó enganchadas á las transversales, como lo indican las figuras 17 á 19 en planta y cortes. Cuando se emplean pernos como riostras no es de temer el empuje debido al entumecimiento del yeso.

El forjado de mortero se construye como el de yeso y yesones; se colocan debajo de las viguetas tablones que constituyen una cimbra plana, sobre la cual se fabrica una mampostería horizontal con ripio de piedra dura trabada con mortero de cal hidráulica que contenga algo de cemento.

El forjado de mortero fragua más lentamente, pero es muy superior al de yeso.

Las figuras 20 á 22 muestran otro tipo de arriostramiento con barras planas pequeñas y ensamblajes de pernos.

El forjado (con pavimento de $0^m,10$ de espesor, construído en

un piso bajo, incluso el coste de la cimbra, pero sin enlucido en el intradós de las bovedillas), compuesto: 1.º, de una capa de $0^{ml},08$

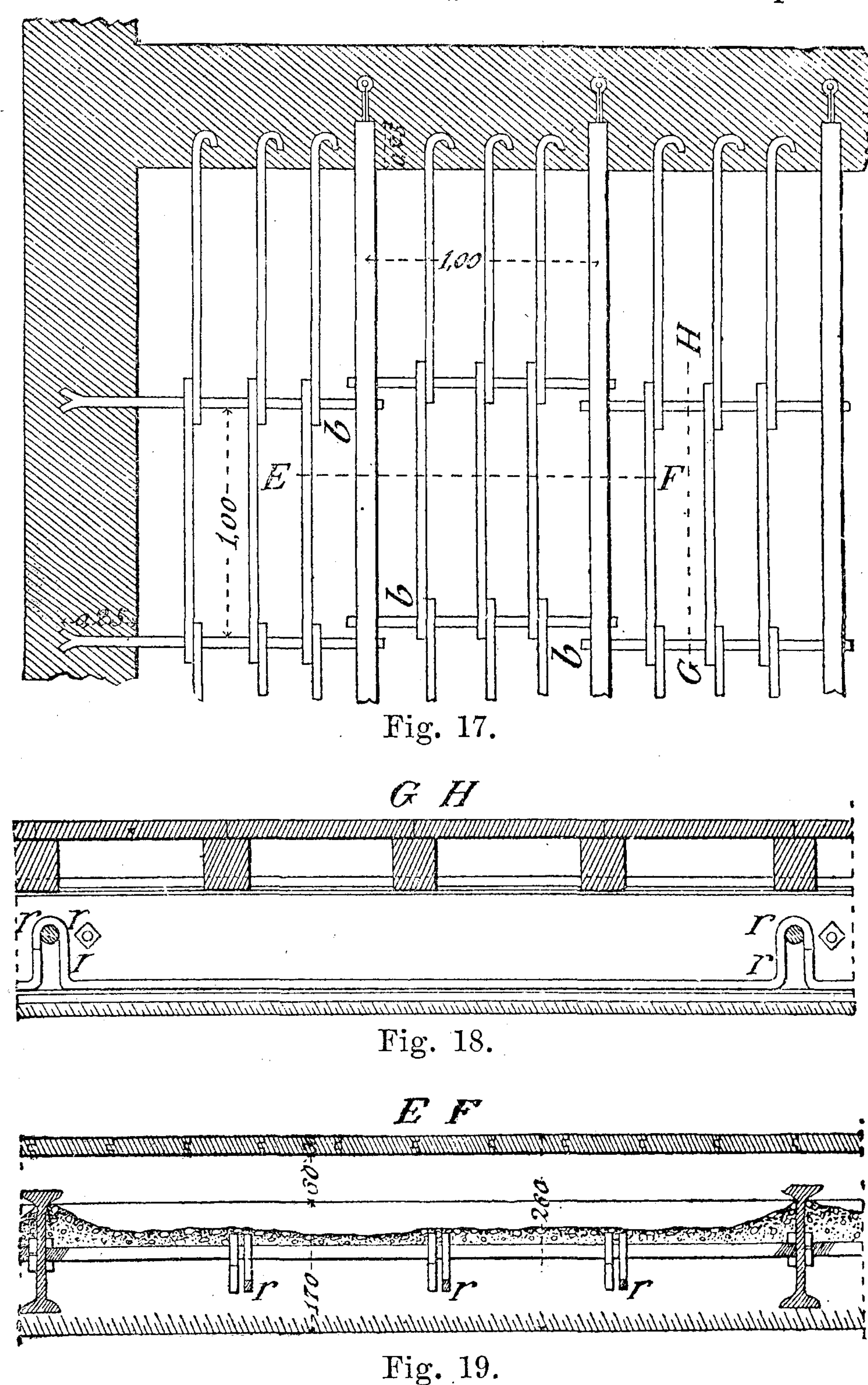


Fig. 17.

Fig. 18.

Fig. 19.

de espesor de hormigón con 350 kilogramos de cemento de Portland por 1 metro cúbico de gravilla lavada; 2.º, de un enlucido

plástico, unido y buj rdeado, de $0^m,02$ de espesor, vale 12,50 francos por metro superficial.

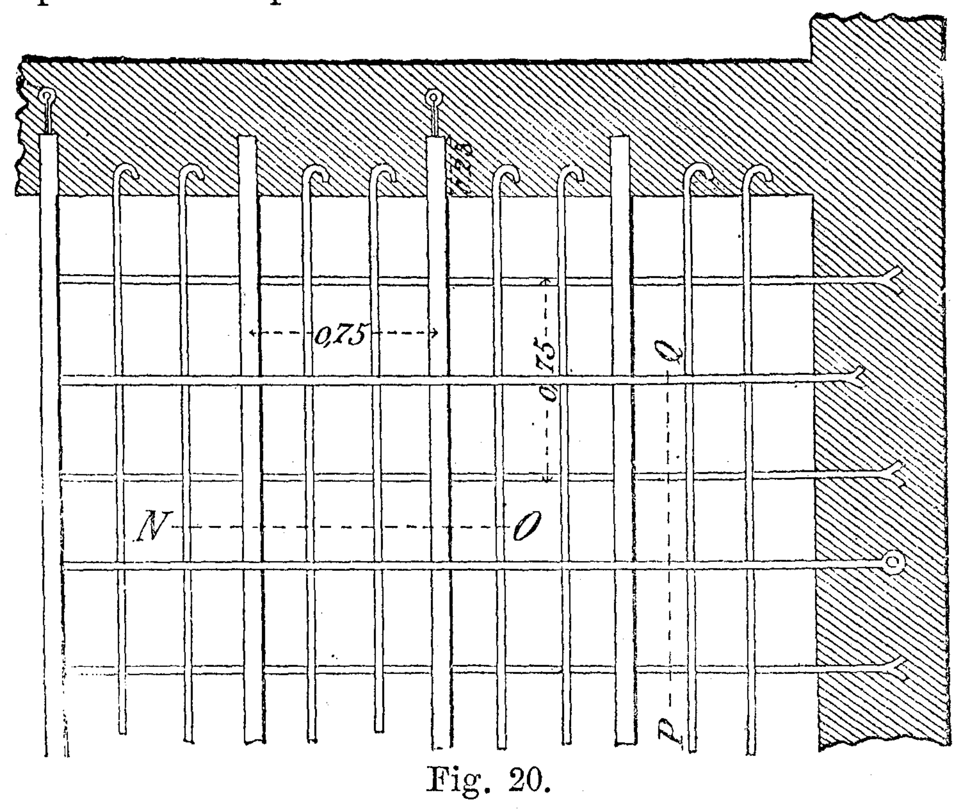


Fig. 20.

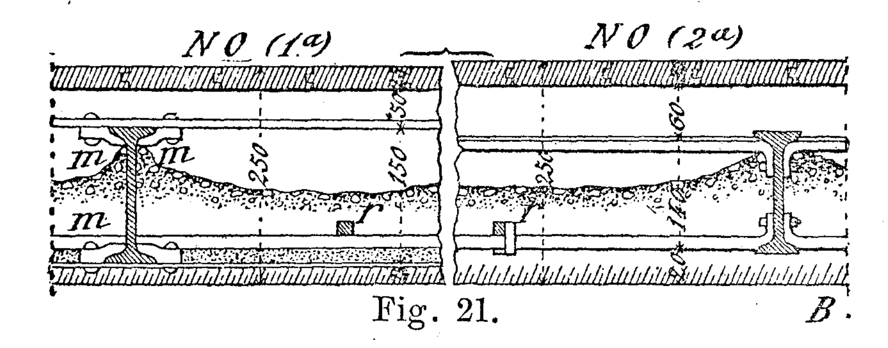


Fig. 21.

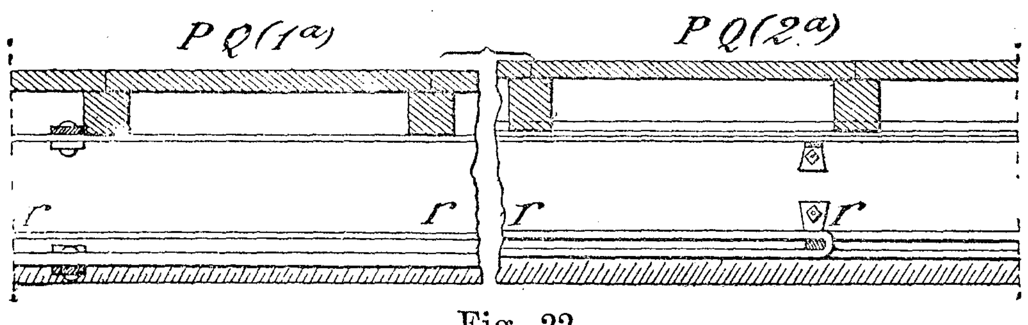


Fig. 22.

Un albañil y su ayudante necesitan unas dos horas para ejecutar 1 metro cuadrado de cielo raso.

Las figuras 23 y 23 *bis* representan un sistema de arriostramiento de viguetas de pisos por medio de chapas onduladas.

Los forjados de *ladrillos huecos de yeso* son muy ligeros, pues los huecos ocupan de 30 á 40 por 100 del volumen total. Se fabrican con alturas comprendidas entre $0^m,10$ y $0^m,22$, y permiten suprimir las riostras y algunos brochales.

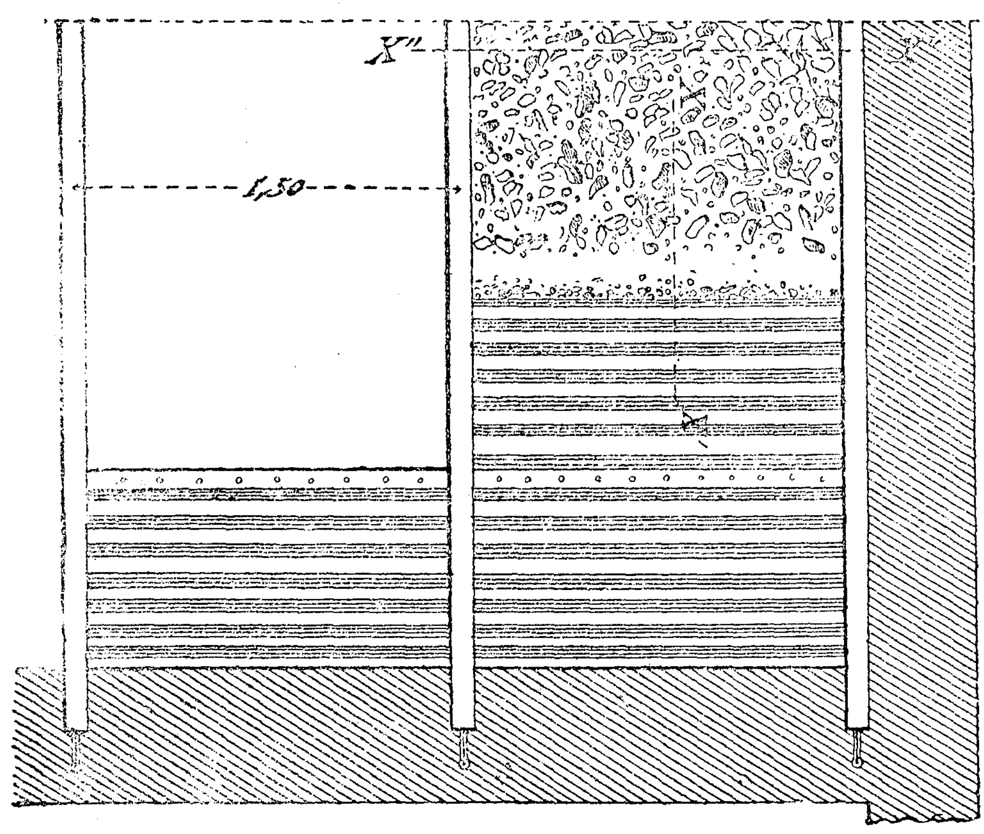


Fig. 23.

El forjado hueco de yeso sistema Paupy, ligero é insonoro, suprime las riostras transversales y las longitudinales. Completamente terminado, su peso es de 70 kilogramos por metro cuadrado para un espesor de $0^m,085$. Estos forjados se colocan directamente entre las viguetas, cualquiera que sea su separación. El yeso produce el efecto de un acuñado, y se pueden colocar las piezas del forjado á mayor ó menor altura, según las necesidades.

La cabeza inferior de la vigueta queda aislada y así puede dilatarse libremente.

La figura 24 representa una pieza de forjado, sistema Paupy,

de 33 × 33 centímetros y que pesa 5 kilogramos; empotrada en su contorno, resiste á una carga de 415 kilogramos; con base de corcho, esta pieza pesa un tercio menos; en París, el precio del ciento es de 12 francos para las piezas ordinarias, y para las de base de corcho, de 18 francos.

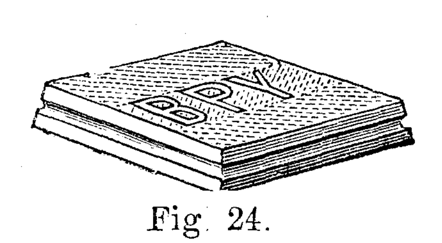
La figura 25 representa una pieza de un forjado que deja una capa de aire entre el pavimento y el techo, lo cual amortigua las vibraciones sonoras. Su ancho es de $0^{m},25$; su longitud varía de 5 en 5 centímetros desde $0^{m},30$ á $0^{m},90$; el espesor es de $0^{m},12$; el peso, 90 kilogramos por metro cuadrado. Este forjado vale en París 3,60 francos el metro superficial.

La figura 26 representa un forjado que se emplea con una celosía, y la figura 27 un forjado sencillo, sistema Paupy, que cuesta á 2,45 francos el metro superficial con 9 centímetros de espesor y á 3,25 francos con espesor de 12 centímetros.

Fig. 23 *bis* (véase el conjunto de la fig. 23).

La colocación resulta á 1 franco y se emplea para su fijación 0,50 francos de yeso.

El forjado ferruginoso de Fournier (figs. 28 y 29), de escorias y yeso, es de piezas huecas y puede reemplazar á los forjados macizos de yeso y yesones sujetos con riostras transversales y longitudinales en los pisos de hierro. El precio, puesto en obra, es el mismo que el de un forjado macizo; permite suprimir el empleo de la cimbra, así como las riostras longitudinales y transversales, pero es preciso que la separación de las viguetas sea regular.


Fig. 24.

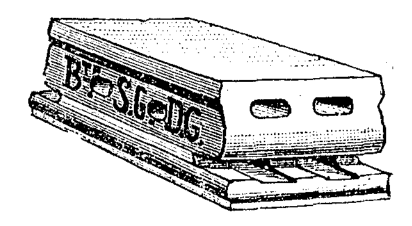


Fig. 25.

La longitud de las piezas corresponde á las separaciones ordinarias $0^m,50$, $0^m,55$, $0^m,60$, $0^m,65$, $0^m,70$, $0^m,75$ y $0^m,80$; los anchos son de $0^m,25$ y $0^m,275$; los espesores, de $0^m,09$, $0^m,11$ y $0^m,14$. La sonoridad disminuye en proporción notable á causa de los huecos que llevan en su interior estas piezas. La carga de rotura es de 200 kilogramos.

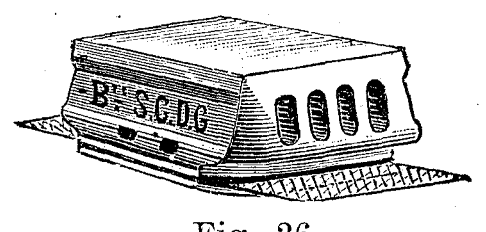


Fig. 26.

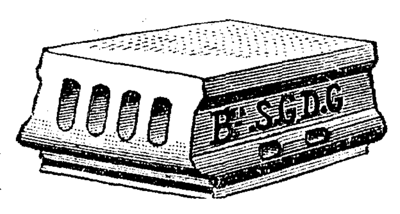
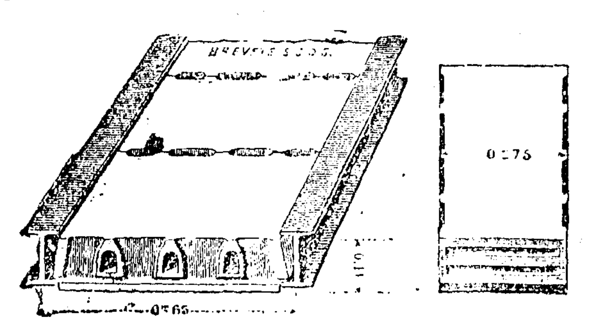


Fig. 27.

El rebajo que llevan los ladrillos Fournier en sus extremos hace que desciendan, al tiempo de su colocación, más abajo que las cabezas de las viguetas, de suerte que éstas quedan cubiertas con una capa de yeso de unos $0^m,03$ de espesor después de aplicado el enlucido del cielo raso. Este espesor basta para evitar, en muchos casos, las grietas y las manchas que se suelen producir por ser insuficiente la capa de yeso debajo de las viguetas. El metro superficial de forjado de 9 y de 11 centímetros completa-

mente terminado resulta á 4,75 francos y el de $0^{m},14$ á 5,25 francos.

Se emplean también los *botes* de barro cocido (fig. 30) para forjados de pisos; estos botes tienen una altura de $0^{m},11$ á $0^{m},16$ y $0^{m},11$ de ancho. La figura 30 indica una aplicación.



Figs. 28 y 29.

Los *forjados de piezas de barro cocido* se están generalizando mucho y presentan formas muy variadas y numerosas. Pueden hallarse constituídos por grandes *ladrillos huecos* (puestos en el sentido transversal de las viguetas) rectos, biselados en los extremos y de $0^{m},08$ de espesor (figs. 31 á 34).

Los forjados de *ladrillos huecos*, colocados según un plano horizontal, pueden reducirse á un espesor de $0^{m},055$ colocando

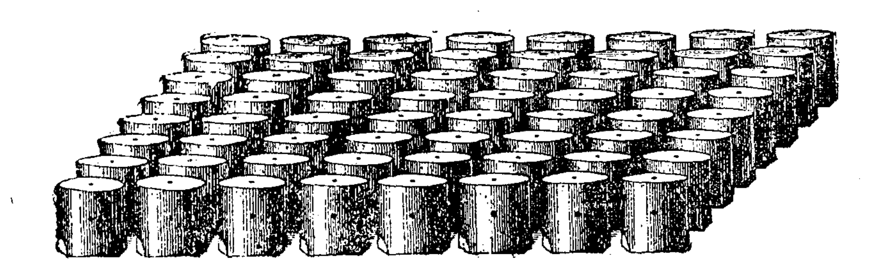


Fig. 30.

os ladrillos de plano. Colocándolos de canto, el forjado tiene $0^{m},11$ de espesor. Este forjado es poco sonoro y menos húmedo que el de yeso, pero no menos pesado. Colócase provisionalmente sobre un entablonado, como los de yeso; puede aplicársele directamente, sin necesidad de listones, el enlucido del cielo raso.

Hay muchos forjados de barro cocido formados por ladrillos rectos ó curvos, con bisel en sus extremos y con huecos en el sentido de las viguetas. En este caso se hallan el sistema Perrière (figs. 35, 36 y 37) y el sistema Verdier (fig. 38).

La aplicación del *ladrillo-dovela* está representada en la figura 39.

El forjado Cartaux (fig. 40) consiste en el empleo de *ladrillos tubulares* que forman bovedillas.

Los forjados de Emilio Muller (de Ivry-Port) consisten en bovedillas huecas de una pieza ó de varias piezas unidas con cubre-

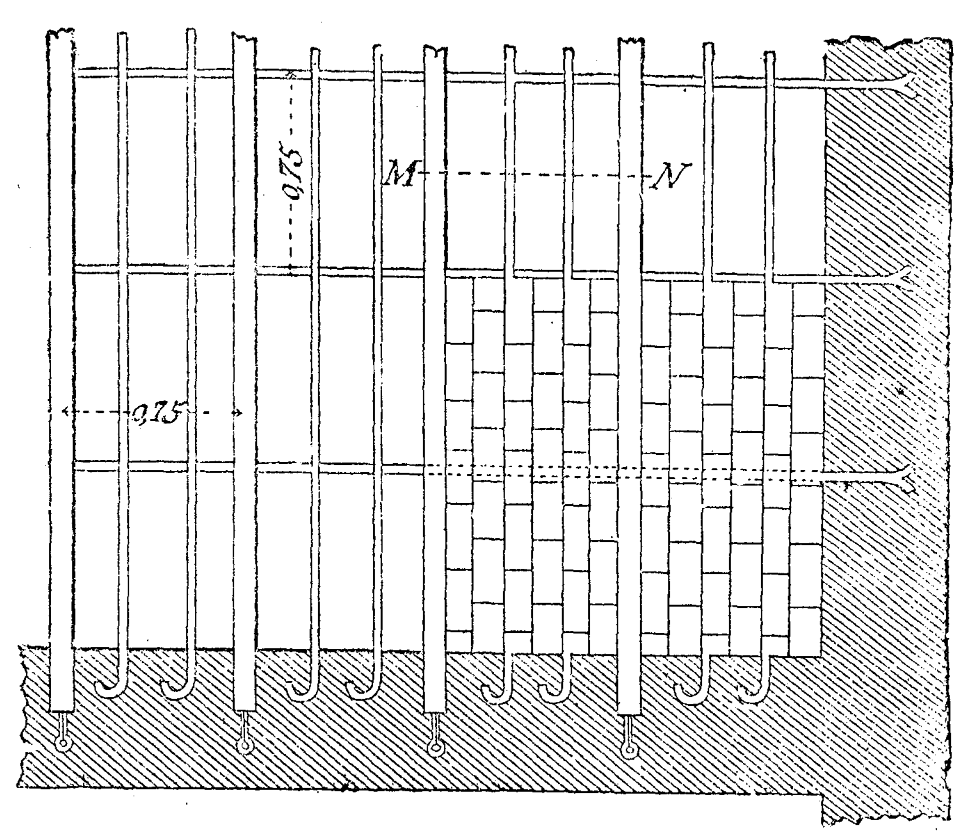


Fig. 31 (véanse los cortes en las figs. 32 y 33).

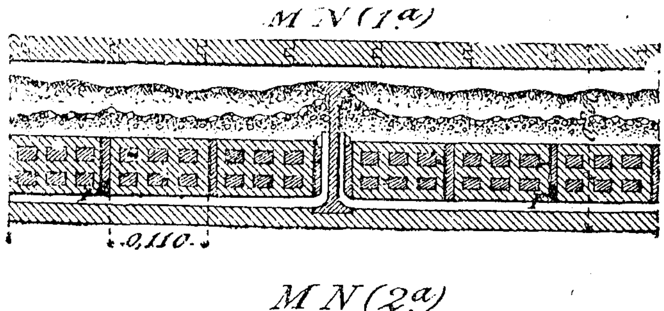
juntas (fig. 41), y también en piezas ligeras de celdillas huecas reforzadas con arcos interiores (fig. 42).

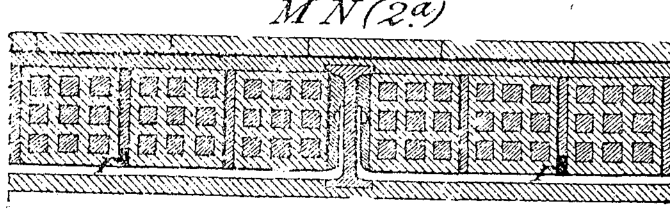
El nuevo sistema de Francisco Ligny (1857), que cuesta á unos 3,10 francos el metro lineal, está constituído por una serie de piezas de yeso de un modelo único (fig. 43); estas piezas se distinguen: 1.° Por una serie de agujeros A, abiertos en una de las caras de la pieza, y que se reducen en la cara opuesta á unos orificios capilares *a* (figs. 44 y 45). Esta disposición impide que el yeso penetre en el interior de las piezas al montar el piso, porque no puede pasar por los orificios capilares *a*, y á causa de la

compresión del aire, no puede penetrar tampoco por los agujeros A. Se obtiene así un forjado hueco, insonoro y ligero.

2.º Por rehundidos y relieves B *b*, que permiten el enlace de las diversas piezas entre sí, aumentando las superficies de contacto.

3.º Por un rebejo C situado en la parte inferior de la pieza, dispuesto á una altura conveniente para que la parte C' sobresalga por debajo de la cabeza de la vigueta, de tal modo que al hacer el enlucido del cielo raso, el albañil se vea obligado á recubrir con una gruesa capa de yeso la cabeza inferior de la vigueta.





Figs 32 y 33.

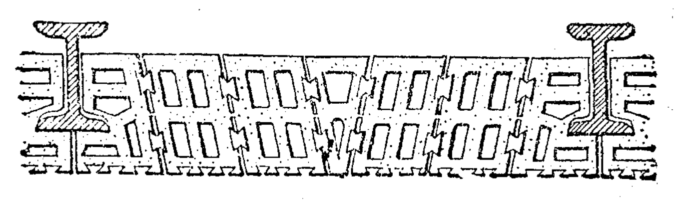


Fig. 34.

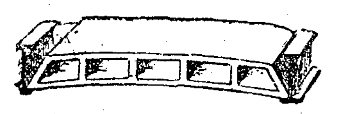


Fig. 35.

Para facilitar la colocación en obra de estos nuevos ladrillos de yeso se disponen las viguetas D con la separación debida por

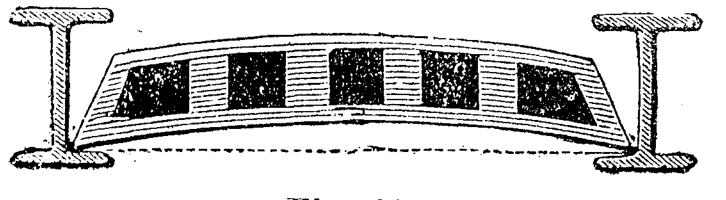


Fig. 36.

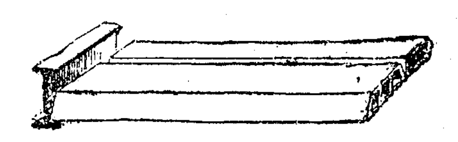


Fig. 37.

medio de un patrón E de metal ó de otro material adecuado, y cuya longitud es igual á la distancia que debe haber entre dos viguetas contiguas. Este patrón tiene dos pequeñas ramas verticales *e*, que juntamente con las partes encorvadas *e'* abrazan á las viguetas como lo indican las figuras 46 y 47.

Las figuras 48 y 49 representan piezas huecas de alfarería para pisos fabricadas por la Sociedad de tejas aisladoras de Ivry; estas piezas se enchufan unas en otras y pueden sacarse de su sitio aisladamente, lo cual facilita las reparaciones y los reconocimientos.

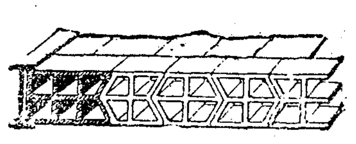


Fig. 38.

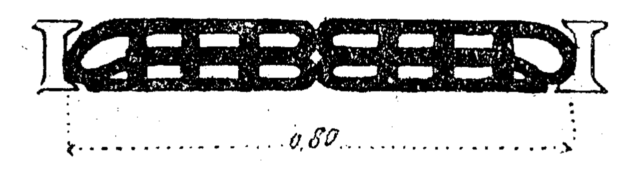


Fig. 39.

El forjado Derain y Dinz se compone: 1.°, de las piezas C, C (figura 50) colocadas á ambos lados de la cabeza inferior de la vigueta, cubriéndola sin impedir su dilatación; 2.°, de un *ladrillo hueco* D, con rebajos que se adaptan á las piezas C, C. El ancho es de $0^m,20$ y el espesor $0^m,08$; este ladrillo se fabrica con longitudes de $0^m,50$ á $0^m,75$. Hacen falta 5 para un metro lineal en el sentido de las viguetas.

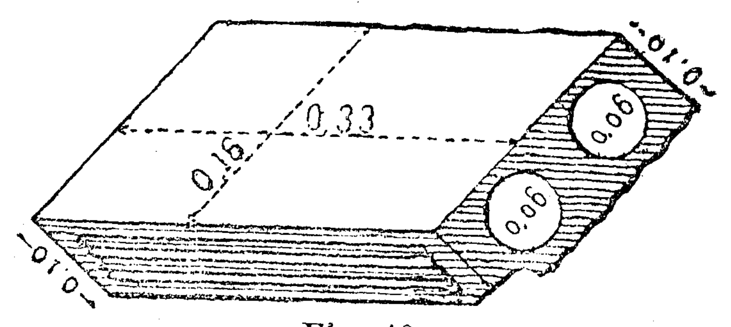


Fig. 40.



Fig. 41.

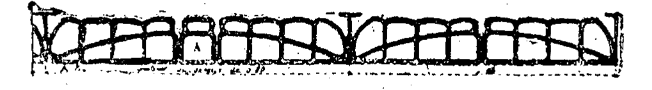


Fig. 42.

El precio del metro cuadrado, puesto en el vagón en la estación de Châlon-sur-Saône, es de 2,50 francos. Pesa 50 kilogramos por metro cuadrado; el mortero que entra por metro superficial pesa 15 kilogramos.

Cuando no se quiere dejar aparentes las piezas del forjado en el techo se colocan las piezas C, y entre ellas se construye un techo tabicado con ladrillos de igual espesor que aquéllas, es decir, de 36 milímetros. Los ladrillos que se usan para este objeto

tienen 0^{m},30 de longitud por 0^{m},15 de ancho; se pueden aparejar con estos ladrillos tramos de diversos anchos, que varían de 0^{m},40 á 0^{m},70 entre ejes de las viguetas.

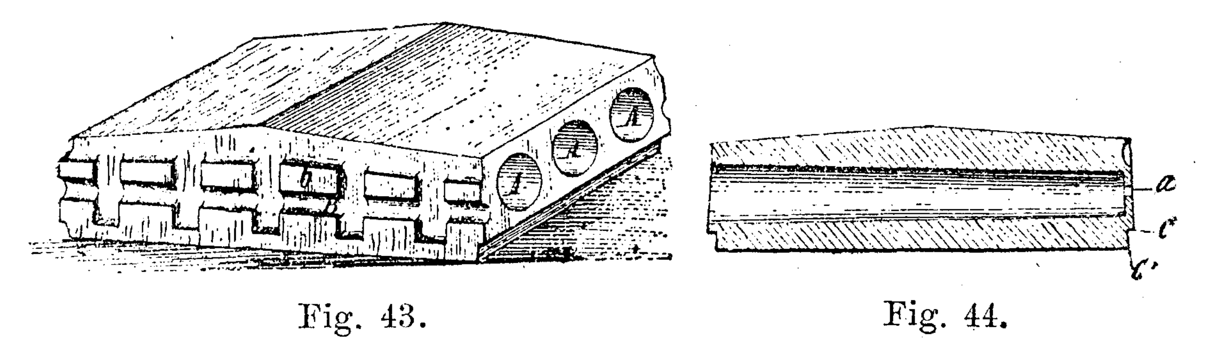


Fig. 43. Fig. 44.

El precio del metro cuadrado, puesto en vagón en Châlon-sur-Saône, es 1 franco 25. El metro cuadrado de piezas C y de

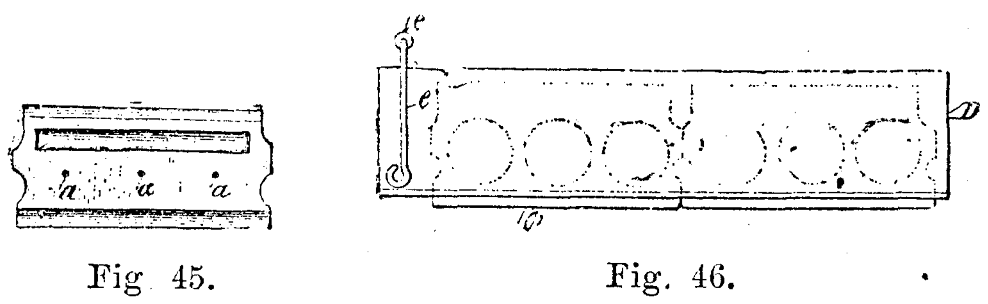


Fig. 45. Fig. 46.

ladrillos de 36 milimetros de espesor pesa 28 kilogramos, y el mortero que se necesita para la misma superficie 7 kilogramos.

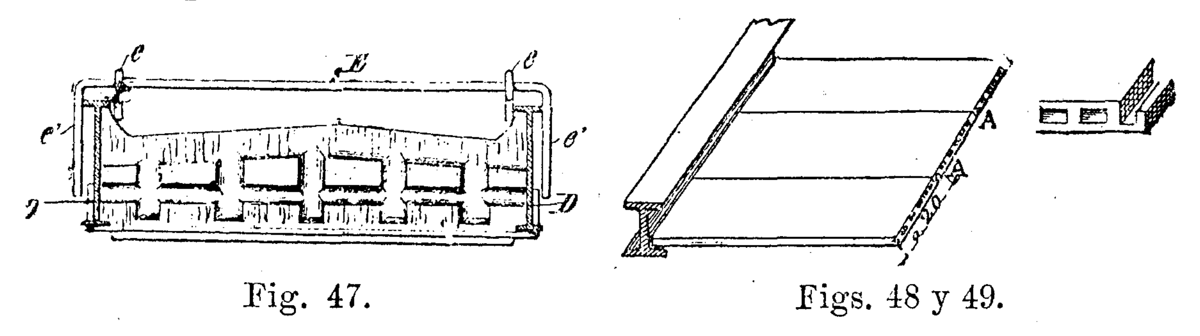


Fig. 47. Figs. 48 y 49.

Los pisos americanos se construyen con ladrillos huecos (figura 51).

El espesor varía de 0^{m},15 á 0^{m},375, con luces de 0^{m},20 á 2^{m},30. El peso, sin incluir el hierro, varía de 125 á 200 kilogramos por metro cuadrado. El peso del hierro oscila entre 25 y 70 kilogramos por metro cuadrado. Según Mr. E. Cutshaw, la carga de rotura de las bovedillas (fig. 51) es, para 0^{m},15 de espesor,

1.400 kilogramos por metro cuadrado uno ó dos días después de la colocación y 2.200 á 2.700 kilogramos al cabo de una semana.

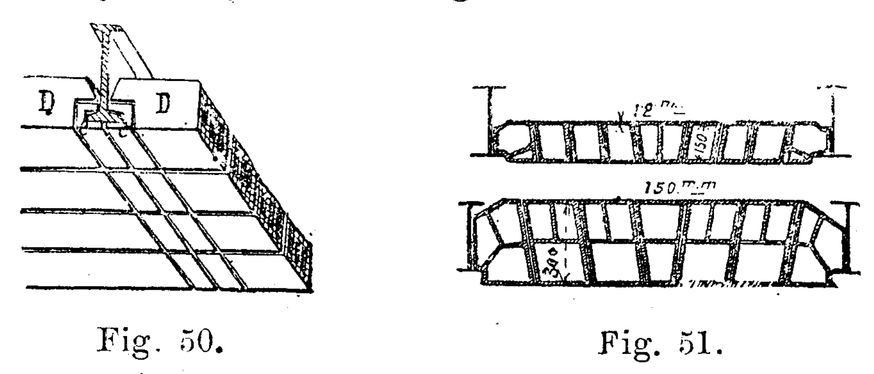


Fig. 50. Fig. 51.

Para el espesor de $0^{m},30$, la carga de rotura es de 2.500 á 5.000 kilogramos por metro cuadrado.

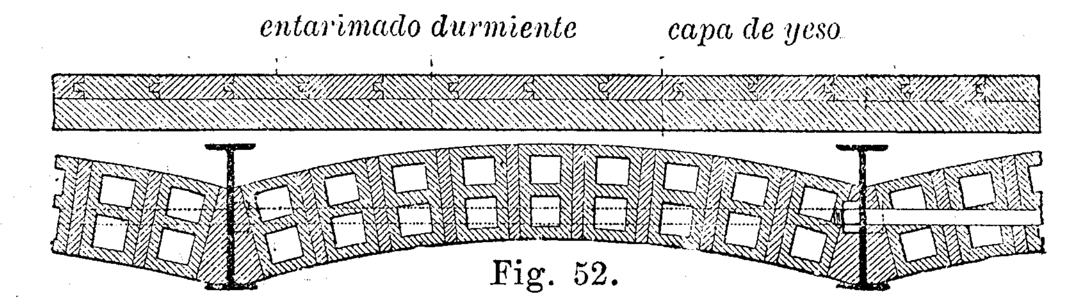


Fig. 52.

Constrúyense *bovedillas de ladrillos macizos* para pisos de fábricas, puentes y otros muy cargados. Los hierros zorés se pres-

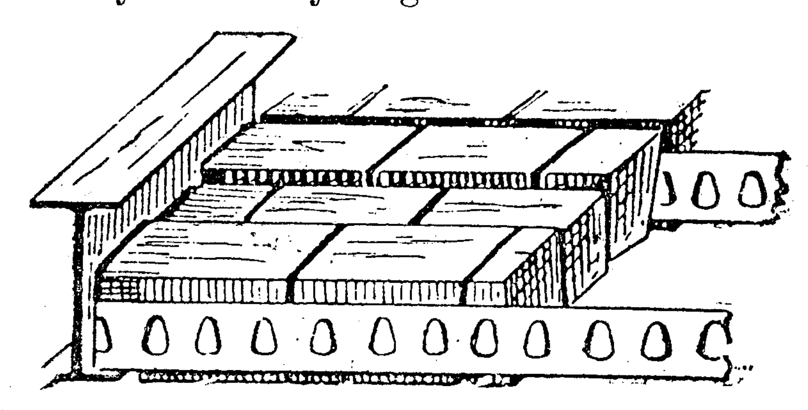


Fig. 53.

tan bien á este sistema; se fabrican también *salmeres* ó ladrillos que se adaptan al ángulo del hierro en doble ⊤ y reciben el empuje (fig. 52).

Los pisos se construyen además con *ladrillos huecos* que forman bovedillas (fig. 52); los ladrillos tienen generalmente 2, 3,

4 ó 6 huecos, y se colocan horizontalmente. La resistencia que se obtiene con las bovedillas de ladrillos es muy grande; los espesores varían según los casos.

Los pisos macizos sistema Schürmann, cuya cara inferior constituye el techo, están formados (figuras 53 y 54) por hierros estampados en frío, de modo que cada lado presente una sucesión de entrantes y salientes alternando en ambos sentidos, que afectan la forma de peras y constituyen un apoyo inclinado, destinado á facilitar la adherencia del mortero y á apoyar en ellos las bovedillas; sus dimensiones son $0^m,06$ de altura por $0^m,0125$ de espesor. Estos hierros se apoyan en las cabezas inferiores de las viguetas en doble T y contribuyen á mantener la separación de estas últimas, que es de 1 metro hasta $2^m,20$, según la carga y los materiales que se han de emplear.

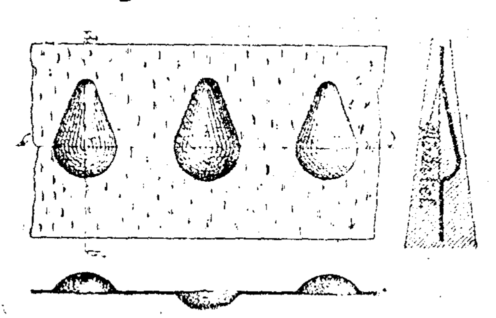


Fig. 54.

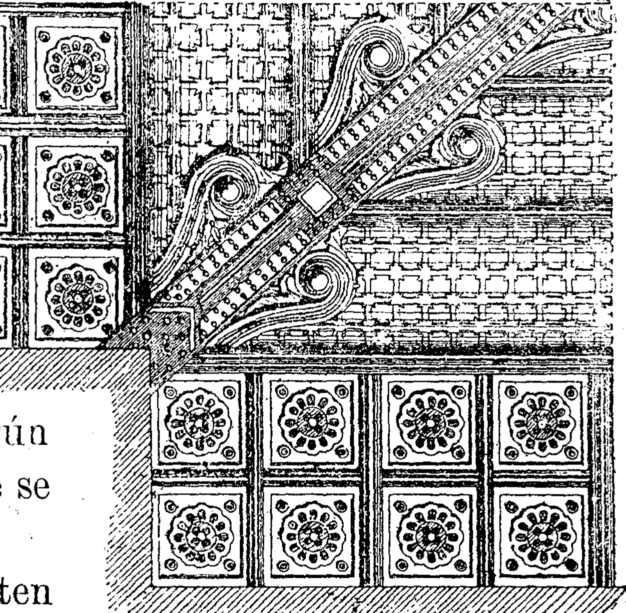


Fig. 55.

Las figuras 53 y 54 permiten ver el sistema de construcción, que consiste en una serie de bovedillas. En las obras ordinarias, en que la carga admitida es pequeña, se emplean piedras blandas y ladrillos huecos ó de escorias; en los pisos sometidos á grandes cargas se emplean ladrillos comunes.

Se puede descimbrar uno ó dos días después de la terminación de la obra para los pisos ligeros, y tres ó cuatro días para los pi-

sos de mayor espesor. La separación de las barras de hierro varía entre 22 y 40 centímetros; generalmente es de 33 centímetros, y comprende el espesor de los tres ladrillos ó piedras que forman la bóveda. Se puede enlucir con yeso, como de ordinario, sin necesidad de enlistonado, pues la rugosidad del material facilita la adherencia del yeso.

Los hierros Schürmann han sido sometidos á las pruebas del Instituto federal suizo para ensayos de materiales de construcción, y han llegado á resistir 5.000 kilogramos por metro cuadrado sin romperse.

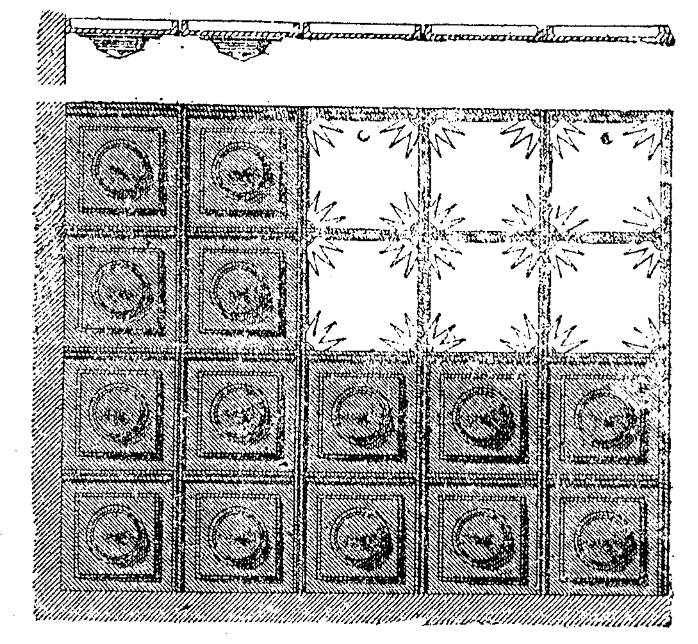


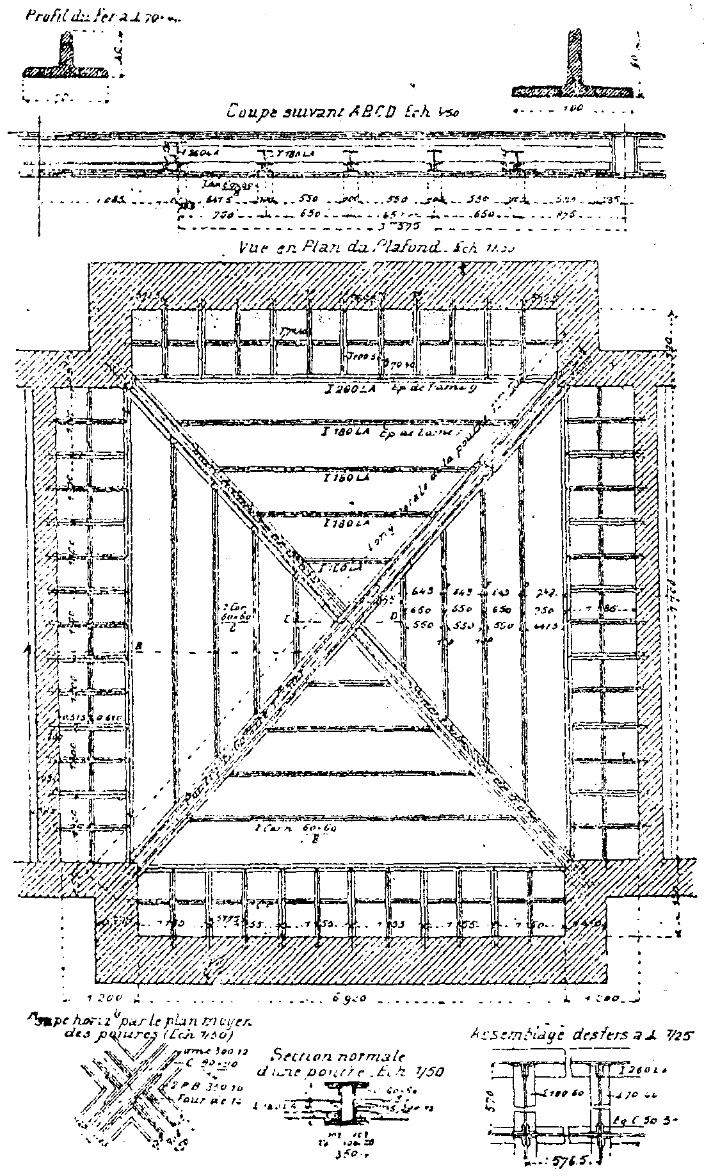
Fig. 56.

Se pueden construir *techos decorados* por medio de piezas de fundición ó de tierra cocida que forman artesones. Se pueden fabricar paneles muy ligeros reforzándolos con nervios; es posible también dar á los paneles la forma de arco.

La figura 55 da idea del aspecto que presenta el techo del vestíbulo de la Escuela profesional de Armentières (departamento del Norte), decorado con paneles de barro cocido, y la figura 56 representa el techo del comedor de la misma Escuela. Además, en las figuras 57 á 63 se ven la planta y los detalles del mismo techo.

Pisos constituídos por vigas de palastro y viguetas curvas en doble T.—Constrúyense también *bovedillas metálicas para techos con forjados pesados y pavimentos de hormigón, mortero ó yeso.* No exigen cimbras cuando las bovedillas son de palastro ondulado, de palastro encorvado, apoyado en el ángulo de un hierro en T ó en doble T (figs. 65 á 67), ó de palastro simplemente acodillado, apoyado en un hierro en doble T (fig. 68).

De algunos años á esta parte se emplean cada vez más los hierros en doble ⊤ en la construcción de pisos metálicos, formando riostras curvas. De ello se encuentra un ejemplo interesante en las construcciones de la nueva Escuela de Derecho, en París. En la calle de Soufflot existe una hermosa sala de estudio de 20 metros de longitud por 11 metros de anchura. El primer piso com-



Figs. 57 á 63.

EXPLICACIÓN: *Profil du fer à* I, perfil del hierro en I.—*Coupe suivant ABCD*, corte según ABCD.—*Vue en plan du plafond*, proyección horizontal del techo.—*Ep. de l'âme*, espesor del alma.—*Longueur totale de la poutre*, longitud total de la viga.—*Poutre tubulaire*, viga tubular.—*Cor.*, hierro de ángulo.—*Coupe horizontale par le plan moyen des poutres*, corte horizontal por el plano á mitad de la altura de las vigas.—*Section normale d'une poutre*, sección normal de una viga.—*Assemblage des fers à* I, ensamblaje de los hierros en I.

prende cinco tramos de 4 metros de luz cada uno. La armazón metálica se compone de vigas de palastro AB, CD, FE, etc., de $0^m,50$ de altura y de 11 metros de luz, que se apoyan por sus extremos en los muros. La distancia entre ejes de estas vigas es de unos 4 metros.

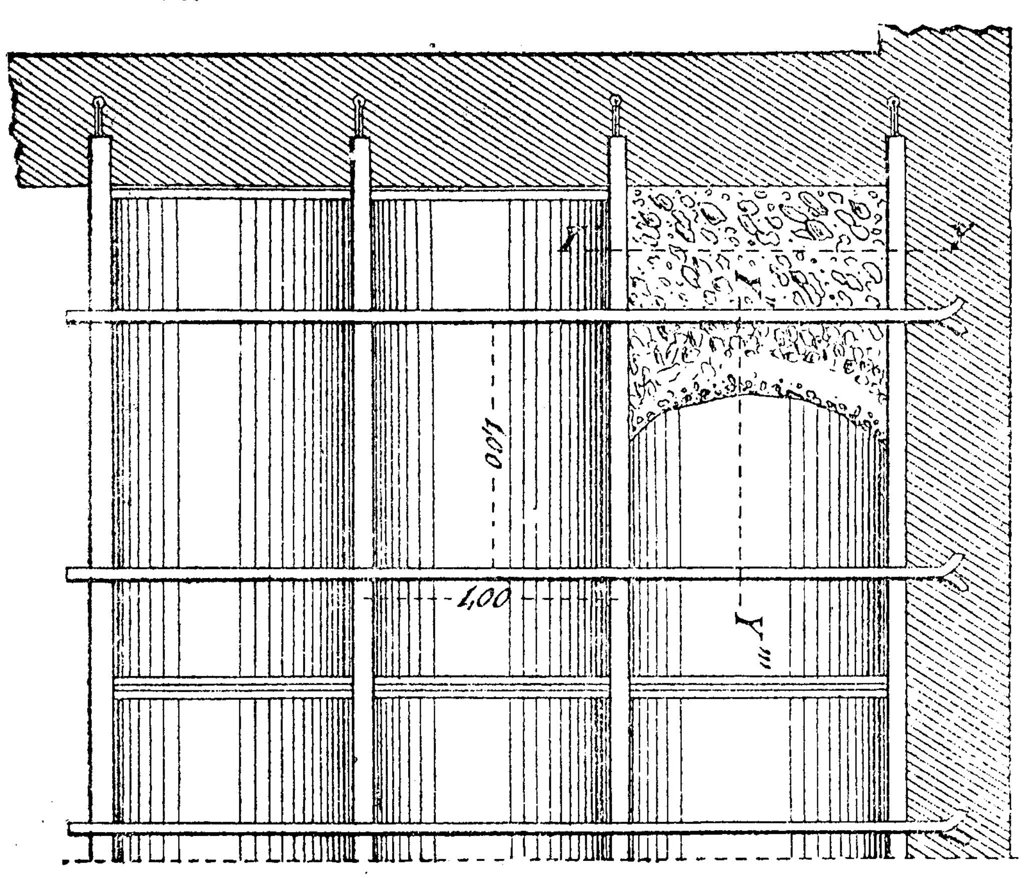


Fig. 65 (véanse los cortes en las figs. 66 y 67).

Las vigas están arriostradas por viguetas curvas GH, cuya disposición se ve en la figura 68 *bis* (corte MN). El piso propiamente dicho es de ladrillo y está formado por bovedillas dispuestas como se indica en el corte. La parte de techo comprendida en cada uno de los intervalos, tales como ABDC, es curva en el sentido AB y en el sentido perpendicular AC. Estos pisos curvos se prestan á la decoración de las grandes salas. Sin embargo, haremos observar que las riostras curvas GH ejercen empujes contra las vigas maestras AB, CD, lo cual, con la disposición que describimos, no ofrece inconvenientes, pero sería preciso tener en cuenta esta circunstancia en otros casos.

Disposiciones y ensamblajes de las vigas y de los pisos de hierro.—La figura 69 muestra el ensamblaje de dos

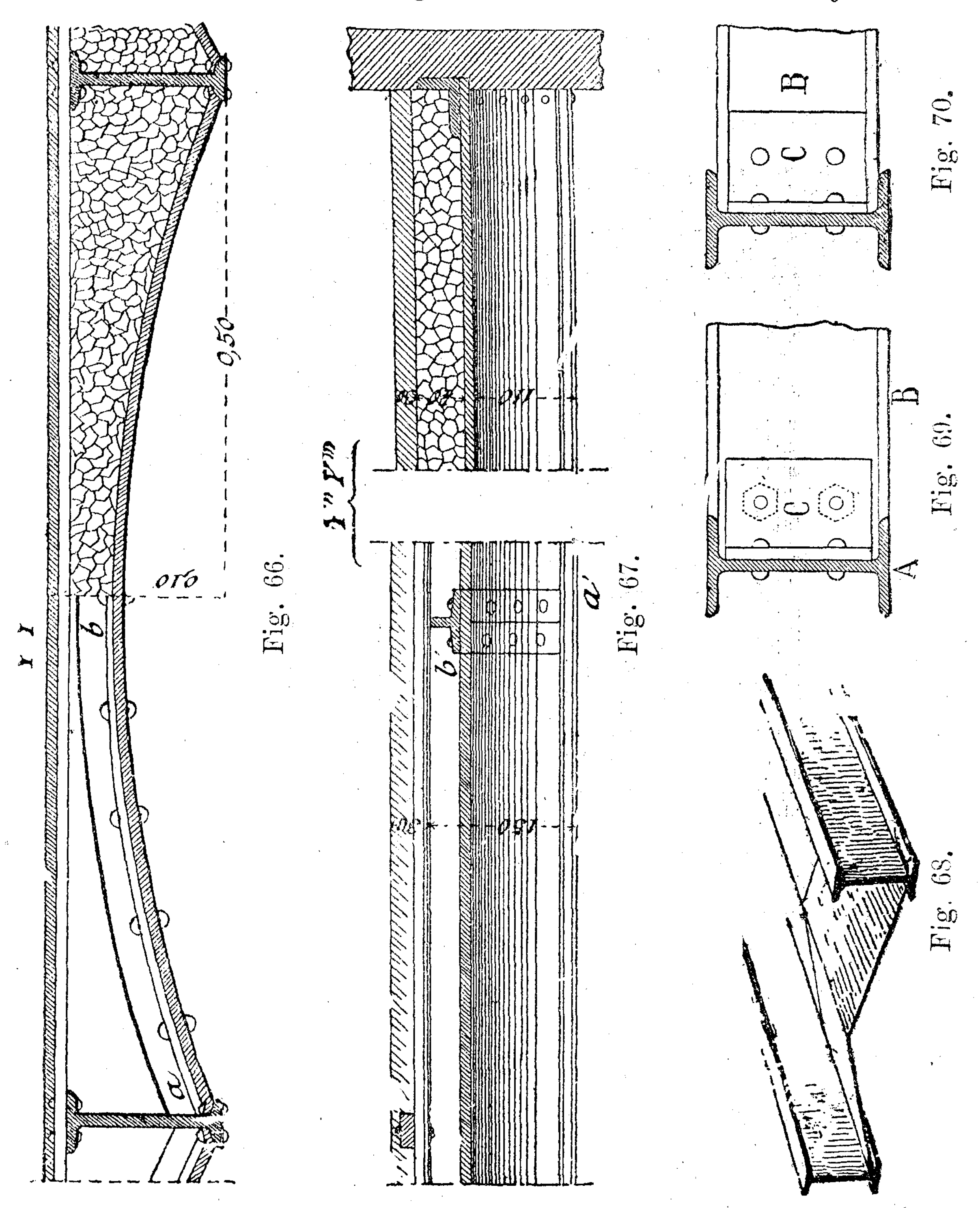


Fig. 66. Fig. 67. Fig. 68. Fig. 69. Fig. 70.

piezas de igual altura; se suprimen á menudo las partes B de la cabeza inferior de una vigueta que corresponden á las A de la otra, apoyándose solamente el alma de B en la cabeza inferior

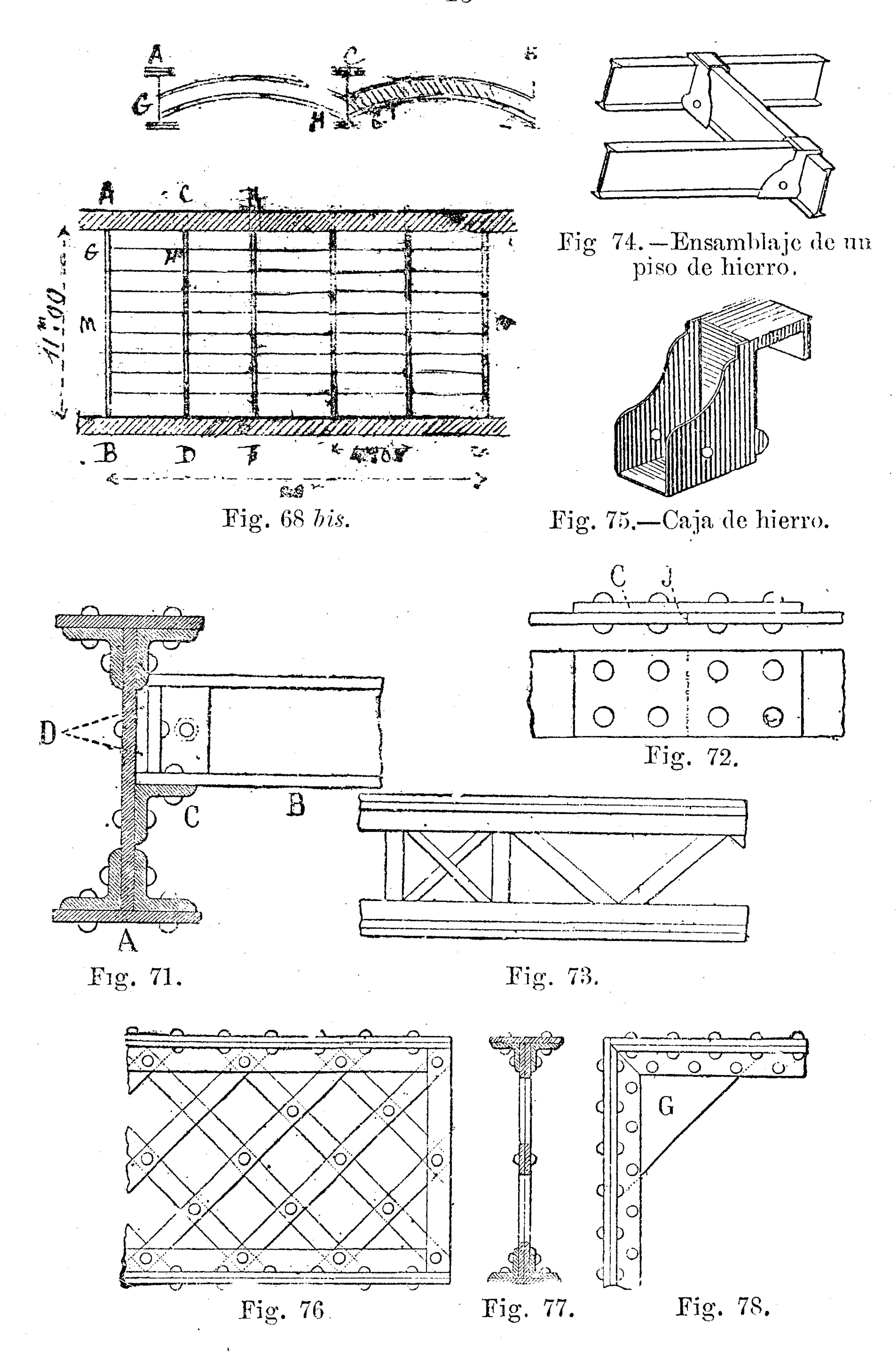


Fig. 68 *bis*.

Fig 74.—Ensamblaje de un piso de hierro.

Fig. 75.—Caja de hierro.

Fig. 72.

Fig. 71.

Fig. 73.

Fig. 76.

Fig. 77.

Fig. 78.

de A. Es preferible adoptar para la vigueta B una altura algo menor (fig. 70).

La pieza C es una *cantonera, escuadra* ó *hierro de ángulo,* que se fija á las dos vigas por medio de pernos ó roblones; se puede roblar al alma de una de las dos vigas y emplear pernos para su unión con la otra; algunas veces se emplean dos cantoneras para cada ensamblaje.

Para ensamblar dos vigas de alturas desiguales se puede apoyar la de menor altura en la cabeza inferior de la otra ó sobre un hierro de ángulo C roblado al alma de la más alta (fig. 71).

Cuando la altura de la viga excede de las dimensiones usuales, $0^{m},22$ á $0^{m},25$, es más económico el empleo de una *viga compuesta* con un alma de palastro y cuatro hierros de ángulo A, de la figura 71.

Los hierros de ángulo se roblan á ambos lados á lo largo de la viga. La figura muestra el ensamblaje de una riostra B con la viga maestra A.

La figura 98 representa una *viga de alma de palastro sin chapas de refuerzo en las cabezas,* compuesta de una chapa vertical y de cuatro cantoneras.

La figura 99 muestra *una viga de alma de palastro con las cabezas reforzadas con chapas.* La resistencia aumenta, reforzando así las cabezas por la superposición de varias chapas robladas entre sí (fig. 100).

El ensamblaje de dos viguetas á ángulo recto se aplica frecuentemente en los pisos de hierro, y se dispone como se ha descrito más arriba. En el ensamblaje de una viga y una vigueta de igual altura por medio de hierros de ángulo fijados con pernos á las dos piezas, el peso de la vigueta carga á veces sobre un solo perno y el alma de la viga queda debilitada por los agujeros. Frecuentemente se cortan las cabezas de la vigueta para poder encajar el extremo del alma entre las cabezas de las vigas y evitar que cargue todo el peso sobre el perno.

Mr. Liger ha propuesto el empleo de una *caja de metal* destinada á recibir la vigueta (figs. 74 y 75); esta caja, que se adapta á la viga, se fija á ella enganchándose por su parte superior y apoyándose en su cabeza inferior por un talón ó resalto. Cada una de las caras de la caja lleva un agujero, destinado á recibir un perno ó una clavija, si es necesario.

Se llama *cubrejunta* á una placa (fig. 72), cuyo objeto es restablecer la resistencia que pierde la viga á causa de la junta J, que ocasiona una discontinuidad en el empalme de dos chapas.

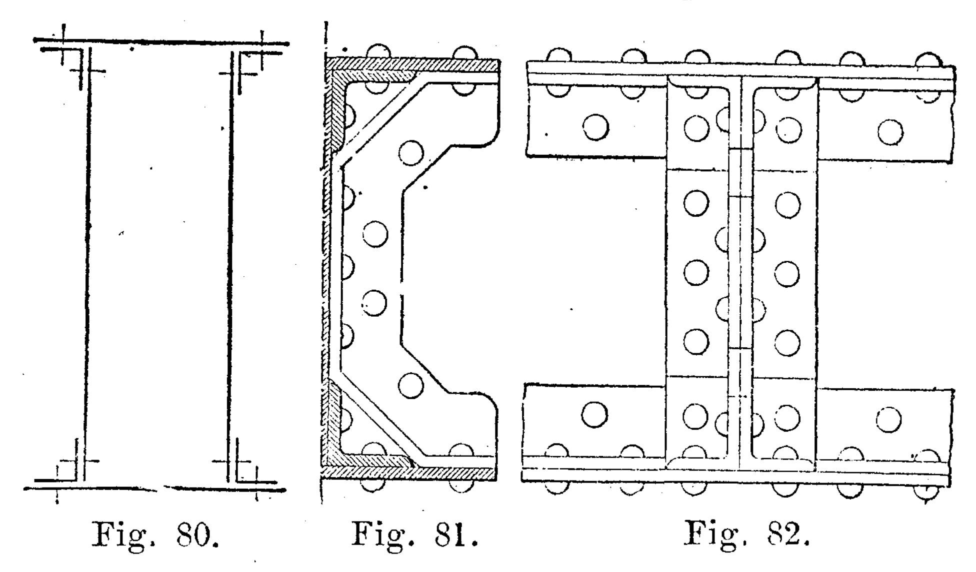


Fig. 80. Fig. 81. Fig. 82.

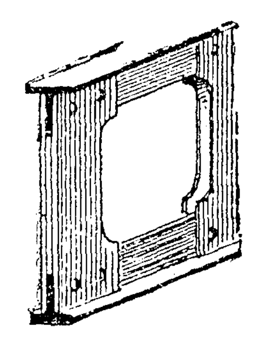
El alma de una viga compuesta puede ser ya *llena*, es decir, formada por una chapa de palastro continua, ya *calada*, ó sea compuesta de barras cruzadas formando *celosía*; ésta puede ser de *cruces de San Andrés* y *montantes* (fig. 73, á la izquierda), *triangular* (fig. 73, á la derecha) ó *celosía múltiple ú ordinaria* (figs. 76 y 77).

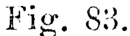
Se construyen también vigas llamadas americanas, con celosía en forma de N.

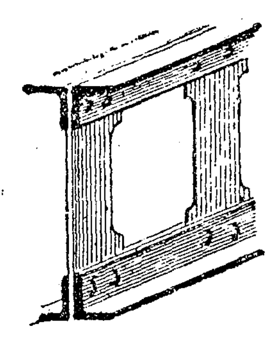
Se llama *cartela* una placa triangular de palastro G, que sirve para consolidar los ensamblajes de ángulo (figs. 78 y 180); evita que varíe el ángulo y proporciona una gran resistencia. Se forman viguetas con dos hierros en T unidos por dobles chapas, que forman montantes con cartelas laterales (fig. 83); con cuatro cantoneras y dobles chapas con cartelas, ó también con mon-

tantes formados por chapas únicas con cartelas cogidas entre làs cantoneras que constituyen las cabezas (fig. 84).

Empléanse también con frecuencia placas de relleno para evitar huecos en ciertos ensamblajes roblados. Ejemplo de ello es la placa D de la figura 71, que sirve para llenar el espacio comprendido entre el alma de la viga A y el hierro de ángulo.




Fig. 83.


Fig. 84.

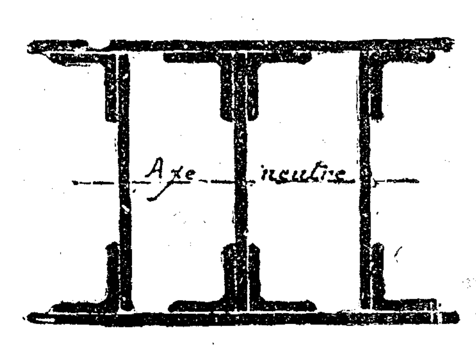


Fig. 85.

EXPLICACIÓN: *Axe neutre*, eje neutro.

Si se necesita aumentar la resistencia de una viga, siendo su altura fija, se puede aumentar el número, el espesor y el vuelo de las chapas de las cabezas, y para que éstas no se doblen se ponen dos almas, constituyendo una *viga tubular* (fig. 80). Se pueden también sostener las cabezas por medio de montantes verticales (figs. 81 y 82).

La viga de alma doble no se puede formar sin chapas en las cabezas, porque estas chapas son las que establecen la unión entre los dos elementos verticales.

Constrúyense también vigas de tres almas y chapas en las cabezas, con ocho hierros de ángulo para los ensamblajes (fig. 85).

La altura de las viguetas de un piso varía entre 1/30 y 1/35 de la luz. Se colocan generalmente dos riostras longitudinales en el intervalo de dos viguetas.

La figura 86 representa un piso de hierro, cuyas viguetas se apoyan en vigas maestras. A veces se evita el embrochalado frente á los vanos apoyando las viguetas en un dintel.

La figura 87 representa un piso ordinario de hierro; las viguetas no llevan ensamblajes, fuera de la caja de la escalera, y se apoyan sobre el encadenado.

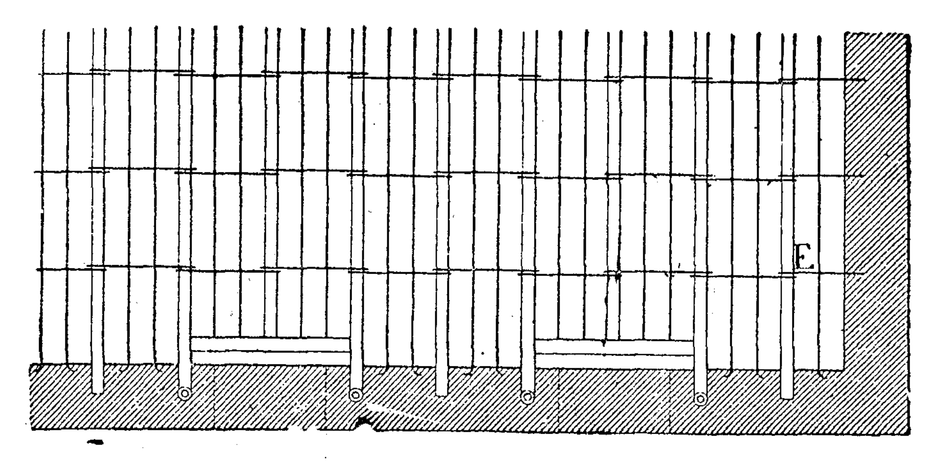


Fig. 86.

La figura 88 representa otro piso de hierro, cuyas viguetas se ensamblan á las vigas por medio de escuadras; las figuras 89 á 97 dan los detalles de los ensamblajes; este sistema es muy sólido.

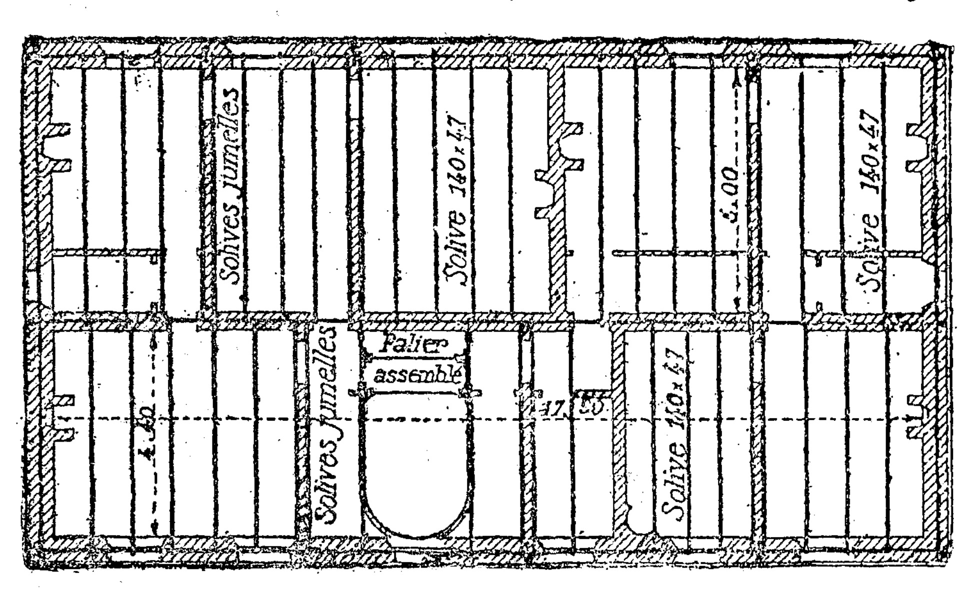


Fig. 87.

EXPLICACIÓN: *Solives jumelles*, vignetas acopladas.—*Palier assemblé*, descanso con ensamblajes.—*Solive*, vigueta.

Redúcense frecuentemente las luces de las vigas maestras apoyándolas en puntos intermedios sobre columnas (fig. 89). No se deben interrumpir las vigas en su encuentro con las columnas y

conviene darles la mayor longitud posible. Las vigas maestras están formadas generalmente por dos piezas acopladas que se

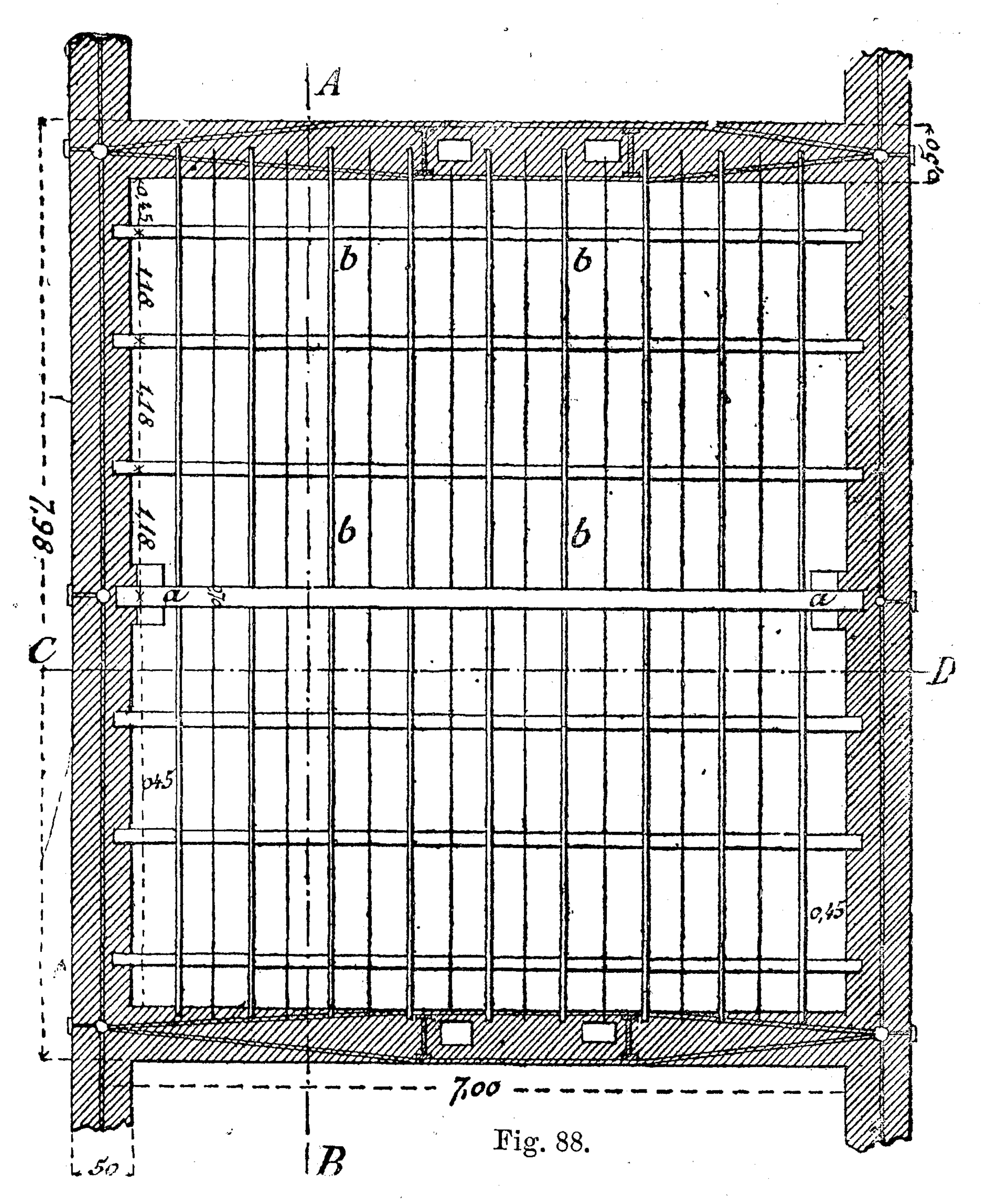


Fig. 88.

unen á las columnas por medio de pernos. Si las columnas son pareadas se puede emplear una sola viga, que pasa entre las dos columnas. Las vigas no deben apoyarse en las columnas de fun-

dición por la arista de la ménsula; es conveniente que la superficie de apoyo que presenta la columna sea ligeramente convexa.

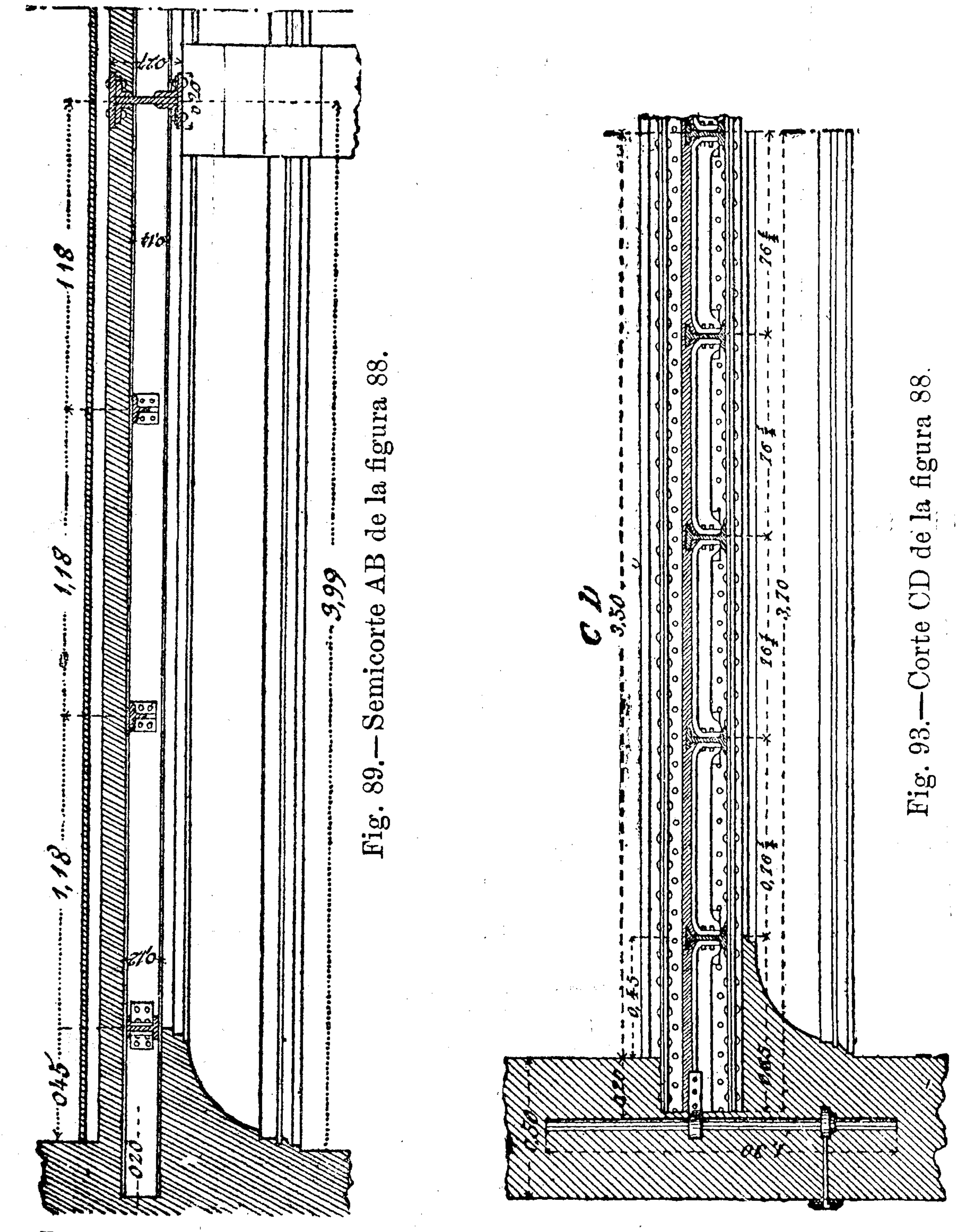


Fig. 89.—Semicorte AB de la figura 88.

Fig. 93.—Corte CD de la figura 88.

Las figuras 101 á 105 muestran ensamblajes de pisos y de columnas de hierro.

Las vigas deben empotrarse en los muros con una entrega de

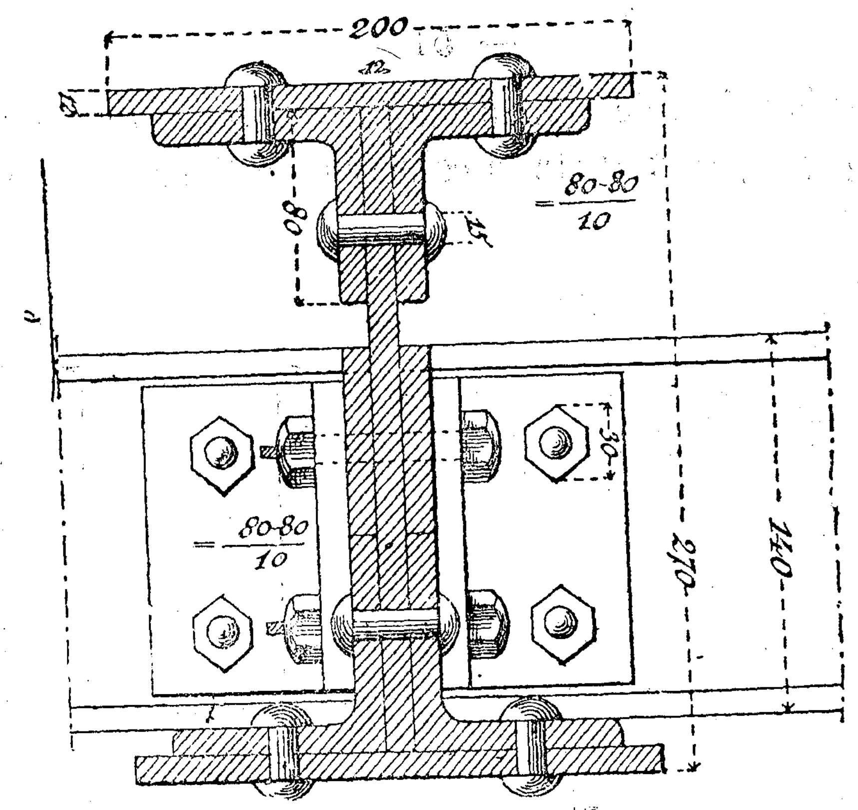
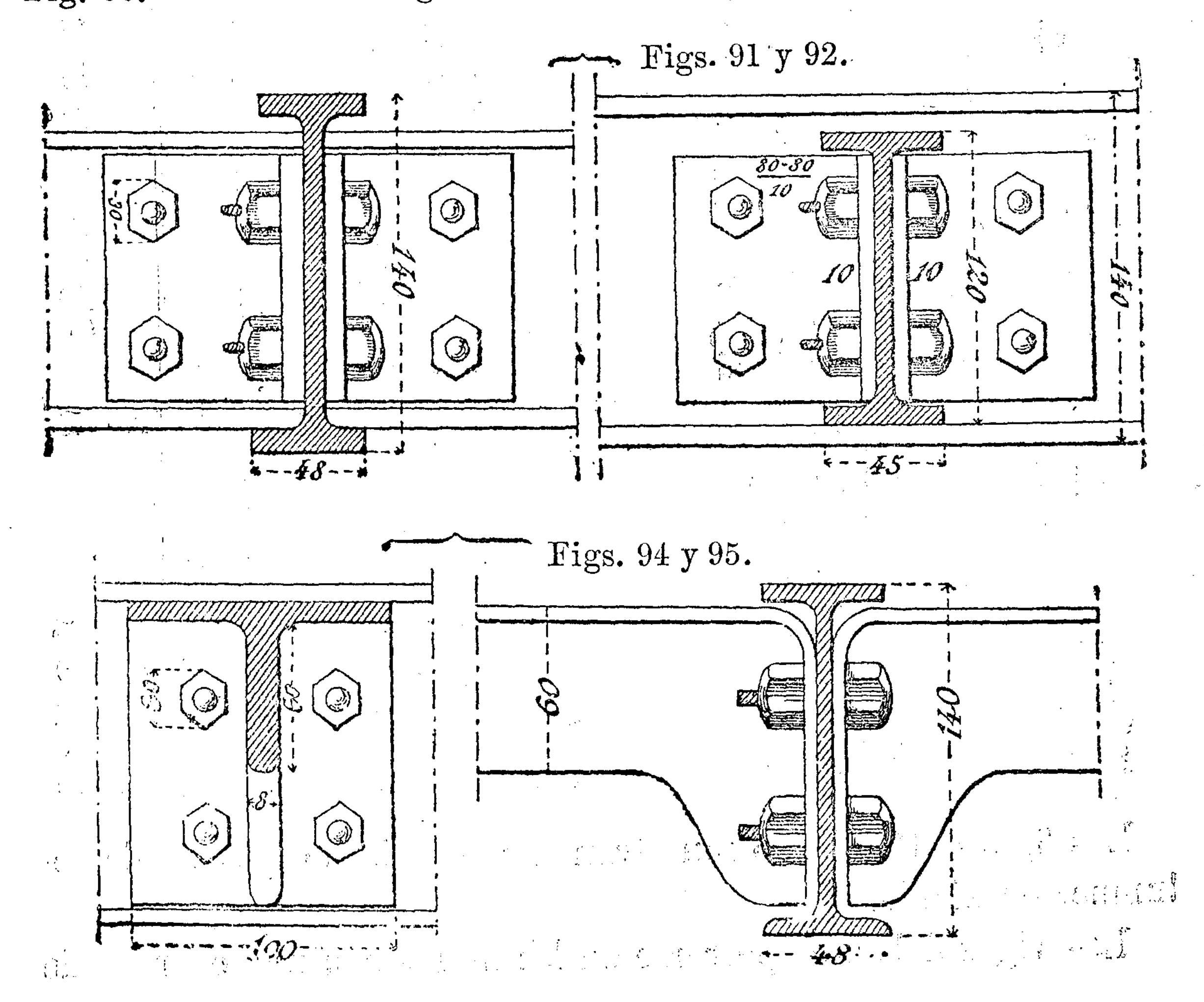


Fig. 90. — Detalle de la figura 89. Ensamblaje de una viga y una vigueta.

Figs. 91 y 92.



Figs. 94 y 95.

0^m,15 á 0^m,30 y se deben amarrar sólidamente á los muros ó á las columnas (fig. 106). No hay verdadero empotramiento sino en los puntos en que el alma y las cabezas de la viga son continuas, ó donde los empalmes están hechos de modo que las cubrejuntas y los roblones restablezcan la continuidad. La penetración de un extremo de la viga en un muro no debe ser considerada como un

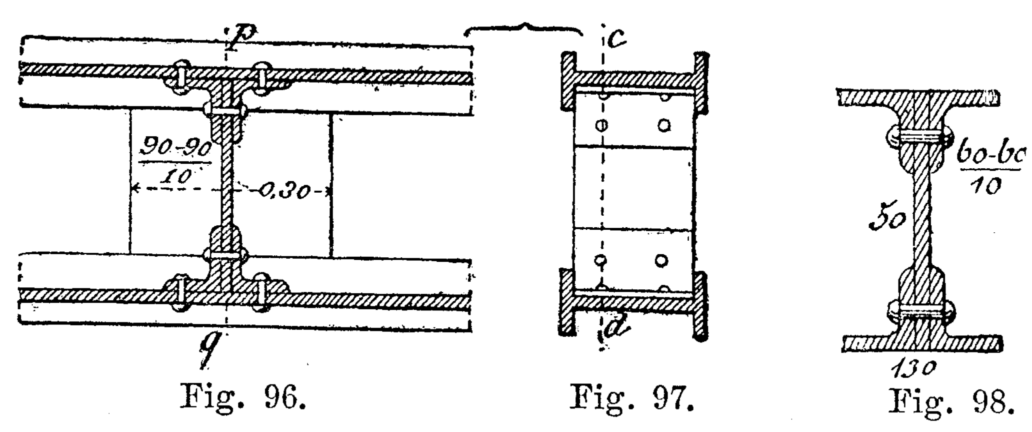


Fig. 96. Fig. 97. Fig. 98.

empotramiento, porque cuando la viga se encorva por efecto de la carga su extremo tiende á levantar la piedra que está encima y la parte de la viga introducida en el muro no queda absolutamente fija (1). Es preciso defender la arista del sillar en que se apoya la viga con un hierro de ángulo *a* (fig. 106), que recibe directamente la carga y la reparte en una gran superficie. Conviene asimismo colocar una fuerte placa *b* encima del extremo de la viga para que el esfuerzo que tiende á levantar la fábrica no obre concentrado en un punto, sino repartido en una superficie bastante extensa.

(1) Son muy raros en la práctica los casos en que se puede considerar que existe un empotramiento perfecto como el que suponen las fórmulas de resistencia de materiales. Las viguetas de los pisos ordinarios, cuyas entregas en los muros varían de 0^m,20 á 0^m,50, no se consideran nunca como empotradas, y también se admite ordinariamente que están simplemente apoyadas por sus extremos las viguetas de los puentes metálicos, á pesar de que se roblonan sus almas á las de montantes fijos á los cuchillos principales y sólidamente constituídos. Se están llevando á cabo en París, según hemos oído decir, experimentos que tienen por objeto resolver este punto difícil, que ofrece especial interés para el constructor. Pero mientras no se posean datos precisos y concluyentes, es prudente atenerse en la práctica á las dimensiones que exige la fórmula en que se considera la viga como simplemente apoyada en sus extremos, salvo en casos muy especiales. *(N. del T.)*

Sería conveniente apoyar todas las viguetas sobre una placa de palastro colocada en el muro para repartir las presiones en una gran superficie de la fábrica; pero en la práctica se obtiene generalmente una repartición suficiente haciendo descansar las viguetas sobre la cadena que sirve para atirantar los muros, y que se coloca previamente. Se puede dar á esta cadena una sección de 50 × 9 milímetros.

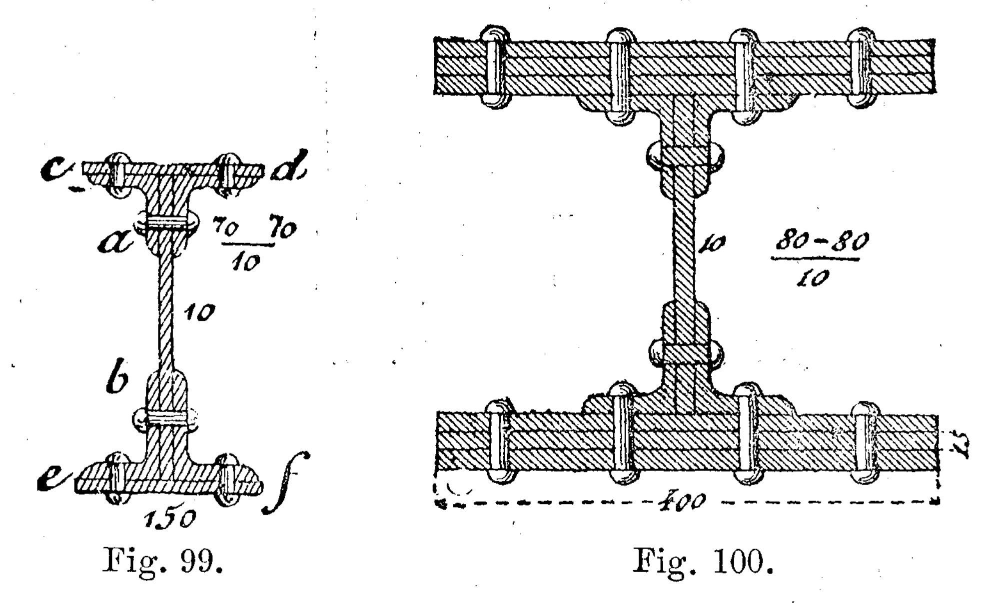


Fig. 99. Fig. 100.

Si el piso es forjado ó de bovedillas, y las vigas llevan encima una capa de hormigón ó de cemento, se deben disponer las viguetas de modo que el trasdós de las bovedillas no se eleve más que las cabezas superiores de las vigas.

Si se coloca el entarimado directamente sobre la viga, el trasdós de las bovedillas debe quedar á 5 centímetros por debajo de la cabeza superior de la viga, á fin de que quede sitio para los durmientes; para conseguirlo, se deben bajar las viguetas lo necesario.

Cuando el piso es forjado, se colocan las viguetas de $0^m,065$ á $0^m,080$ más bajas que la cabeza de la viga maestra, á fin de que los durmientes queden algo más altos y el entarimado no llegue á tocarla.

Cuando no hay interés en evitar la transmisión del ruido, como en ciertas fábricas, se puede colocar el entablonado, por

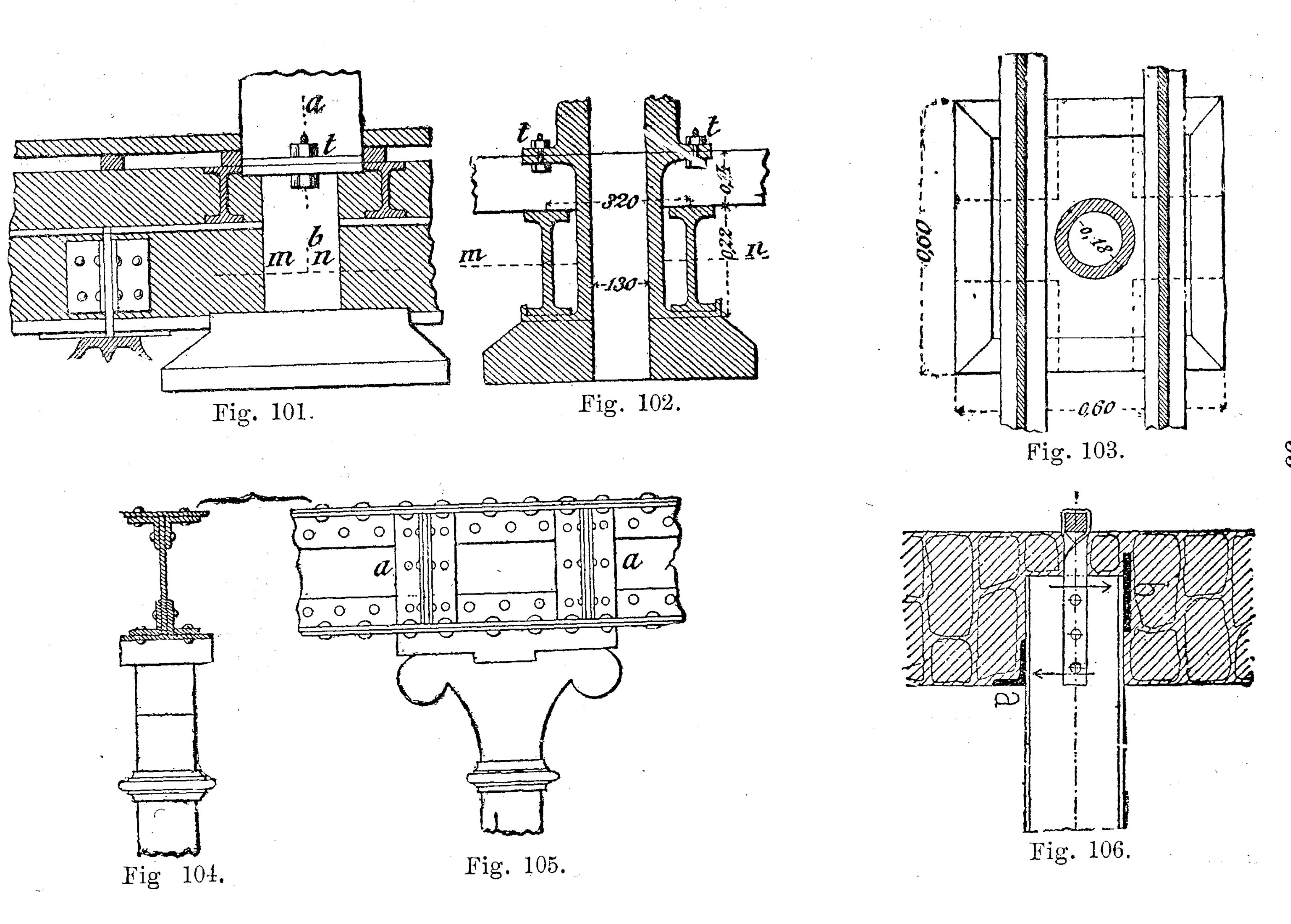


Fig. 101.

Fig. 102.

Fig. 103.

Fig 104.

Fig. 105.

Fig. 106.

ejemplo, de pino de 34 milímetros, directamente sobre los hierros en **I** (fig. 108). Basta que las viguetas se hallen bien niveladas y sujetas por sus extremos. Se fija el entablonado con al-

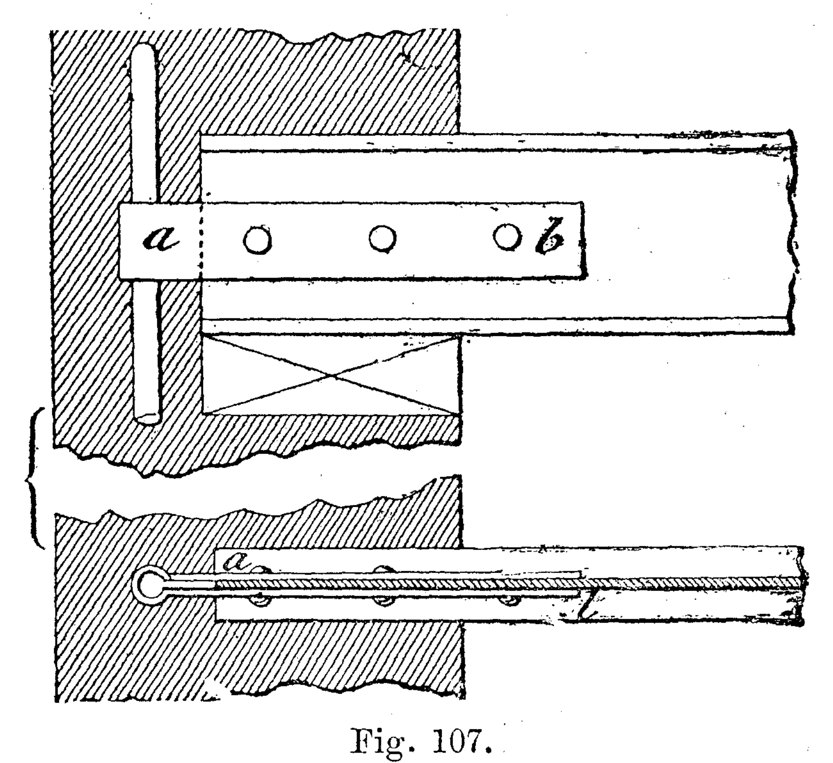


Fig. 107.

gunas escarpias *a*, introducidas por debajo de modo que abracen la cabeza de la vigueta. Las maderas quedan aireadas por debajo; es conveniente embrearlas.

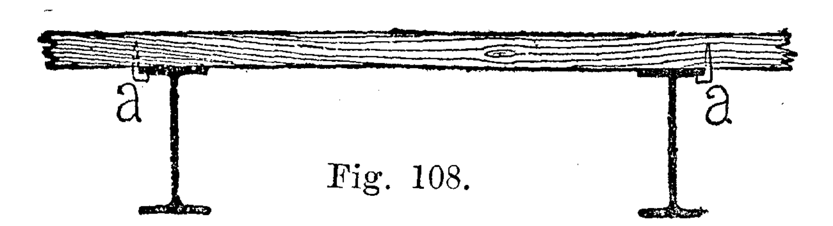


Fig. 108.

Cuando no hay inconveniente en que las vigas maestras resalten respecto al techo, se colocan las viguetas sobre las vigas, manteniendo su separación por medio de algunos tirantes pequeños ó por el mismo forjado. En este caso se deben emplear viguetas muy largas; se pueden considerar empotradas en sus cruzamiens tos con las vigas maestras. Si es necesario que las vigas maestraqueden comprendidas en el espesor del piso, las viguetas se deben

ensamblar lateralmente, á menos que no atraviesen la viga maestra, lo cual es posible cuando ésta es de celosía.

Cuando se emplean vigas acopladas para sostener muros de fachada, se rellena el espacio comprendido entre las dos piezas en I de fábrica de ladrillo apoyada en las cabezas inferiores; esta fábrica se eleva hasta la imposta y recibe las amarras del piso.

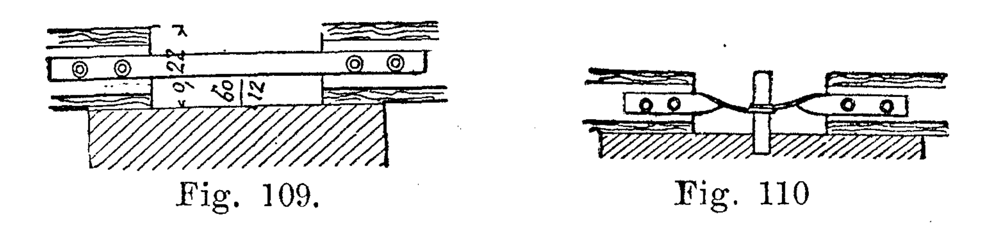


Fig. 109. Fig. 110

Si un cañón de chimenea ha de atravesar una de estas vigas en un muro divisorio, se separan lo necesario las dos piezas que la constituyen.

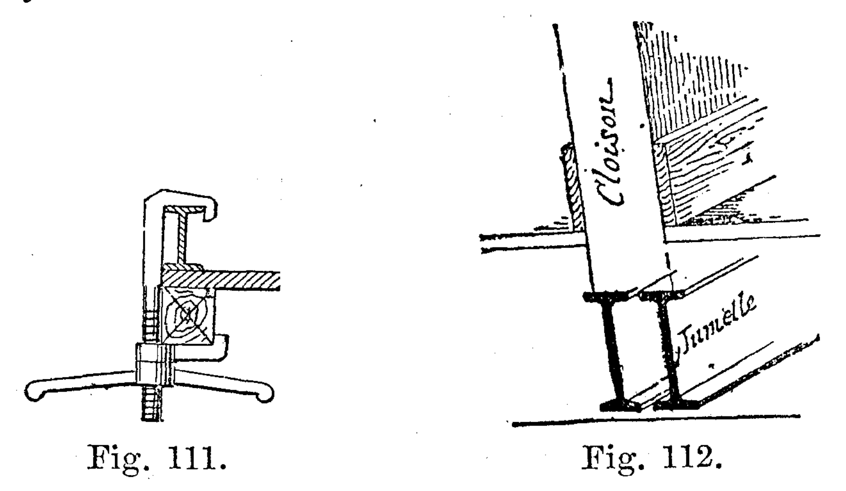
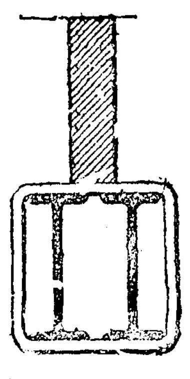


Fig. 111. Fig. 112.

Explicación: *Cloison*, tabique.—*Jumelle*, viguetas pareadas.

Cuando se han de colocar varias vigas de esta clase unas á continuación de otras, se pueden empalmar de modo que no haya discontinuidad en toda la longitud que comprenden. Se pueden también colocar separadamente y reunirlas luego por medio de unas barras sujetas con pernos á las almas de las dobles T, quedando amarradas á la fábrica de los pilares (figuras 109 y 110).

El entablonado que sirve de cimbra para sostener el forjado, mientras se construye, puede sostenerse fácilmente por medio de postes ó puntales. Se prefiere muchas veces emplear unas cárceles, que son piezas de hierro con dos vueltas á ángulo recto, una de las cuales está unida á una tuerca (fig. 111) y penetra en una parte fileteada de la principal; este aparato se engancha á la cabeza superior de la vigueta, y la rama unida á la tuerca sostiene la vigueta de madera en que se apoyan los tableros, manteniendo apretado el conjunto con una contratuerca que lleva dos mangos. Una vez preparado el entablonado ó cimbra, se procede á la construcción del forjado.



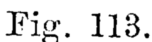


Fig. 113.

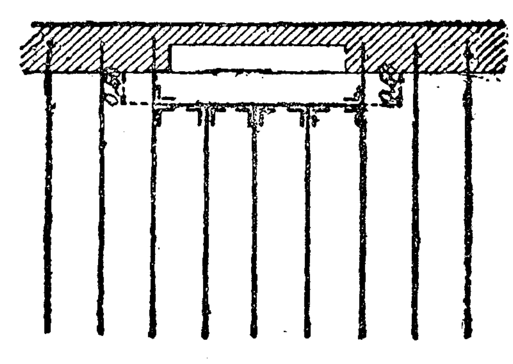


Fig. 114.

Cuando se construye un tabique cuya longitud está dirigida en el sentido de las viguetas, se colocan debajo dos viguetas acopladas (figs. 112 y 113).

Los *brochales* son piezas ensambladas á dos viguetas cerca de sus puntos de apoyo, con objeto de sostener los extremos de otras viguetas llamadas *cojas*. Empléanse junto á los vanos y cañones de chimeneas, y en todos los puntos en que no es posible apoyar las viguetas directamente en los muros. Se procura que la luz de los brochales sea lo menor posible. La figura 114 representa en planta un brochal colocado á $0^m,50$ del paramento interior del muro, destinado á dejar libre un espacio para iluminar y ventilar el sótano.

Cálculo de los pisos.—Se calcula el peso uniformemente

repartido sobre una vigueta y se determinan sus dimensiones por las fórmulas ([1]). Se calcula el peso repartido sobre las vigas maestras en que se apoyan las viguetas observando que la viga soporta la mitad del peso total aplicado á cada vigueta. Generalmente, este peso se puede considerar como uniformemente repartido. Para las construcciones ligeras, se supone una carga total de 250 kilogramos por metro cuadrado de piso, considerando incluído en esta cifra el peso propio; para construcciones sólidas, se admite 300 kilogramos; para las salas de baile y de reunión, de 350 á 400 kilogramos por metro cuadrado. Para los edificios públicos, se toma de 400 á 500 kilogramos. El mínimo de la carga, para las bovedillas de ladrillo, es de 150 kilogramos por metro cuadrado.

Se debe examinar si existen otras cargas que resulten de haber tomado puntos de apoyo sobre el piso para referir á él otras cargas excepcionales, como suele suceder en los talleres, almacenes, etc.

Si son momentáneas, se puede admitir hasta 7 ú 8 kilogramos por milímetro cuadrado para el coeficiente de resistencia del hierro; si son permanentes, no se deberá pasar de 5 á 6 kilogramos ([2]).

La altura de las viguetas de un piso de hierro varía entre 3/100 y 4/100 de la luz.

La *rigidez* de una viga, dada la carga por metro lineal, es proporcional á su momento de inercia é inversamente proporcional á la cuarta potencia de la luz. Hay, pues, más ventaja, cuando se trata de disminuir la flexión, en reducir la luz que en aumentar el momento de inercia, adoptando una altura mayor para la pieza.

([1]) Véase *Práctica usual de los cálculos de estabilidad de los puentes.*

([2]) Suelen adoptarse muchas veces en los pisos coeficientes bastante mayores que los indicados en este párrafo del texto. Véanse los cuadros y ejemplos del cálculo de viguetas laminadas al principio de este tomo. *(N. del T.)*

Cargas por metro cuadrado de piso de hierro y sobrecarga accidental
(según Jolly y Jolly hijo).

LOCALES		Espesor del piso. . . .	CARGA POR METRO CUADRADO					
			PISOS CON FORJADO DE YESONES			PISOS CON FORJADO DE LADRILLOS HUECOS		
			Peso del piso.	Sobre-carga.	Carga total.	Peso del piso.	Sobre-carga.	Carga total.
		m.	kg.	kg.	kg.	kg.	kg.	kg.
Casas ordinarias	. . . .	0,30	275	75	350	225	75	300
Grandes edificios particulares..	Pisos debajo de las armaduras, dormitorios en todos los pisos, gabinetes	0,30	íd.	íd.	íd.	íd.	íd.	íd.
	Salones y piezas de recepción (especialmente en los pisos 3.° y 4.°). . .	0,35	300	100	400	245	105	350
	Grandes salones y piezas de recepción (especialmente en los pisos 1.° y 2.°)	0,35	320	130	450	260	140	400
	Almacenes y tiendas del piso bajo para mercancías de poco peso.	0,35	300	200	500	245	205	450
Edificios públicos.	Oficinas, salas ordinarias..	0,30	275	175	450	225	175	400
	Salas ordinarias para asambleas. . .	0,35	300	200	500	245	205	450
	Salones para grandes reuniones. . . .	0,40	320	280	600	260	290	550

Cuadro de los pesos que se deben admitir por metro cuadrado de piso en los principales casos de la práctica (según E. Barberot).

LOCALES	Espesores medios de los pisos.	Separación de eje á eje de las viguetas.	PESO MEDIO POR METRO CUADRADO: Forjado de bovedillas invertidas.	PESO MEDIO POR METRO CUADRADO: Forjado macizo.	PESO MEDIO POR METRO CUADRADO: De las sobrecargas.	CARGA TOTAL POR METRO CUADRADO DE PISO: Forjado de bovedillas invertidas.	CARGA TOTAL POR METRO CUADRADO DE PISO: Forjado macizo.
	m.	m.	kg.	kg.	kg.	kg.	kg.
Piezas ordinarias, cuartos, gabinetes, etc., de las casas.	0,25 á 0,30	0,70 á 0,80	180	250	80 á 100	280	350
Salones ordinarios, oficinas, despachos.	0,30	0,60 á 0,75	150 á 200	275	150 á 290	350	475
Grandes salones ó grandes piezas de recepción.	0,30 á 0,35	0,50 á 0,70	150	300	280 á 300	450	600
Salas de reuniones y de asambleas.	0,35 á 0,40	0,40 á 0,60	200	300	300	500	600
Salas para grandes reuniones.	0,35 á 0,40	0,35 á 0,60	200	350	420	620	770
Almacênes para mercancías voluminosas, pero de poco peso	0,35 á 0,40	0,45 á 0,70	50 á 75	150	350 á 450	525	600
Almacenes para mercancías pesadas.	0,40 á 0,50	0,45 á 0,70	180	300	600	780	900
Docks y depósitos de mercancías voluminosas.	0,40	0,50 á 0,70	200	350	450	650	1.000
Mercancías pesadas.	0,40 á 0,45	0,30 á 0,60	300	400	900	1.200	1.300

Pesos por metro cuadrado de diversos sistemas de pisos (según T. Seyrig).

SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN	DETALLE DE LOS PESOS		Pesos admitidos generalmente.
		kg.	kg.
Pisos con viguetas de hierro unidas por riostras longitudinales y transversales, forjado de bovedillas invertidas y cielo raso inferior. .	Piso de roble de 25 milímetros..	20	
	Durmientes empotrados	30	
	Forjado y enlucido. . .	170	
	Riostras..	5	
	Viguetas.	10 á 30	
		235 á 255	250
Piso con bovedilla de ladrillo común de $0^{m},11$	Piso de roble.	20	
	Durmientes y empotramiento.	30	
	Bovedillas de ladrillo y enlucido..	180	
	Viguetas..	10 á 30	
		240 á 260	275
Pisos con bovedillas de ladrillo hueco de $0^{m},11$.	Piso..	20	
	Durmientes.	30	
	Bovedillas y enlucido.	190	
		220 á 240	225 á 245
Piso con forjado de barro cocido, sistema Perrière. (Véase pág. 36).	Piso..	20	
	Durmientes.	30	
	Forjado..	80	
	Viguetas.	10 á 30	
		140 á 160	150 á 175

Pesos aproximados de los diferentes materiales que entran en la composición de un piso y de algunos tabiques cuyo peso pueden tener que soportar (según E. Barberot).

DESIGNACIÓN	Peso medio por metro cúbico.	PESO DEL METRO CUADRADO PARA LOS ESPESORES SIGUIENTES	
		Espesores.	Pesos.
	kg.	m.	kg.
Forjado macizo de yeso y yesones (incluso el enlucido del cielo raso).......	1.400 á 1.500	0,10 0.12 0,14 0,16 0,18 0,20	140 168 196 204 252 280
Forjado hueco de yeso, valuado por término medio de dos tercios del forjado macizo..................	»	0,10 0,12 0,14 0,16 0,18 0,20	95 112 130 136 168 186
Forjado de barro cocido y yeso, comprendiendo el pavimento y el techo......	»	0,10 0,15 0,20	136 140 150
Forjado de ladrillo común de $0^m,11$ de espesor..................	1.800	0,11	198
Forjado de ladrillo común de $0^m,22$ de espesor...................	1.800	0,22	396
Bovedillas invertidas de yeso de poco espesor para pisos de graneros y entablonados, incluso el revoque y enlucido del cielo raso................	»	0,025 0,050	35 70
Capa de yeso (por centímetro de espesor en más ó en menos y por metro cuadrado).	»	0,025 0,050 »	35 70 14
Casetones, molduras de los techos, adornos, lámparas, etc............	»	Grandes. Pequeños.	40 80
Embaldosados ordinarios..........	»	Ligeros. Pesados.	65 100

DESIGNACIÓN	Peso medio por metro cúbico.	PESO DEL METRO CUADRADO PARA LOS ESPESORES SIGUIENTES	
		Espesores.	Peso.
	kg.	m.	kg.
Entarimados. Pino ordinario.	»	»	13
Entarimados. Pino pesado	»	»	15
Entarimados. Roble ordinario.	»	»	18
Entarimados. Roble pesado	»	»	20
Entarimado sobre entablonado auxiliar. .	»	»	50
Empotramientos de yeso de los durmientes.	»	Pequeños. Grandes.	30 60
Peso medio de los durmientes de roble.. .	»	»	6 á 10
Tabiques de ladrillo hueco.	»	0,08	90 á 100
Tabiques de ladrillos de yeso..	»	0,08	100
Tabiques de ladrillo común, con revoque y enlucido en los dos paramentos. . . .	»	0,08	145
Tabiques de ladrillos huecos y yeso. . . .	»	0,12 0,16	145 200
Riostras, cuñas, etc..	»	»	6,5 á 7
Pernos de arriostramiento, incluso las tuercas..	»	»	4 á 6
Peso propio de los hierros para admitirlo provisionalmente en el cálculo..	»	»	30 á 60

Peso por metro cuadrado de diferentes forjados de pisos, según su espesor.

(Del *Carnet du Serrurier-Constracteur*, de Sylvain.)

	Peso medio.
Forjado de yeso y yesones de $0^m,06$ de espesor.	129 kg.
— — de 0 ,08 —	172
— — de 0 ,10 —	215
— — de 0 ,12 —	258
— — de 0 ,15 —	322

	Peso medio.
Forjado de ladrillos huecos (incluso $0^m,03$ de carga de yeso) de $\frac{22 \times 11}{4}$ espesor total $0^m,070$.	77 kg.
De ladrillos de $\frac{22 \times 11}{5\ 1/2}$ — $0^m,085$.	84
— $\frac{22 \times 11}{6\ 1/2}$ — $0^m,095$.	85
— $\frac{22 \times 14}{8}$ — $0^m,110$.	111
— $\frac{22 \times 11}{11}$ — $0^m,140$.	110 á 122
Forjado de ladrillo común de $0^m,08$ de espesor, incluyendo la carga de yeso.	140
Forjado de ladrillo común de $0^m,14$ de espesor, incluyendo la carga de yeso..	245
Forjado con piezas de alfarería..	135 á 150

Observaciones.—En caso de incendio, la fábrica del forjado impide que los hierros se calienten hasta el rojo; las vigas aparentes se hallan más expuestas.

Es prudente dejar, en los ensamblajes de los cuchillos con las columnas, un juego para prevenir el efecto de las dilataciones y contracciones, ó disponer las columnas de modo que queden suficientemente libres para que puedan seguir las deformaciones de las cerchas.

El **espesor de un piso** ordinario de hierro de 4 á 5 metros de luz se descompone, por término medio, del modo siguiente:

Vigueta en doble **T**..	$0^m,16$	$0^m,27$
Revoque y enlucido del techo.	$0^m,03$	
Desde la cabeza superior de la vigueta á la cara superior del durmiente..	$0^m,053$	
Entarimado ordinario.	$0^m,027$	

Peso por metro superficial de los diferentes elementos de los pisos y de las partes de la construcción que cargan sobre ellos.

Entarimado de roble de $0^m,027$.	$23^k,00$
— de pino —	17 ,00

Durmientes para entarimado á la inglesa..............		5k,50
— — en punto de Hungría.........		6 ,75
— — con vuelta en todos sentidos......		11 ,00
Tabique ligero de 0m,08, incluso el enlucido.............		110 ,00
— de 0m,08 de ladrillo á panderete, incluso el enlucido		140 ,00
— de 0m,15 — — —		263 ,00
— de 0m,25 — — —		438 ,00
— de 0m,35 — — —		613 ,00

Pesos por metro cuadrado de un piso de 4 metros.

MATERIALES	Peso por metro.	Cantidades por m² de piso.	Peso total.
	kg.	m.	kg.
Hierro en doble **T** de 140 milímetros. . .	13	1,33	18,60
Riostras transversales de 14 × 14.	1,53	3,00	4,59
Riostras longitudinales de 9 × 9.	0,631	4,00	2,52
Forjado y empotramiento de durmientes de 160 × 100.	»	1m²,00	180,00
Durmientes de 34 × 8 empotrados. . . .	»	2m²,25	12,50
Entarimado de roble de 27 milímetros. .	»	1m²,00	23,00
Total por metro cuadrado.			241,21

Pesos por metro cuadrado de un piso de 6 metros.

MATERIALES	Peso por metro.	Cantidades por m² de piso.	Peso total.
	kg.	m.	kg.
Hierro en doble **T** de 200 milímetros. . .	22	1,33	29,36
Riostras transversales de 14 × 14.	1,53	3,00	4,59
Riostras longitudinales de 9 × 9.	0,631	4,00	2,52
Forjado y empotramiento de durmientes de 16 × 100.	»	1m²,00	180,00
Durmientes empotrados.	»	2m²,25	12,50
Entarimado de roble	»	1m²,00	23,00
Total por metro cuadrado.			251,97

Pesos por metro cuadrado de los accesorios de los pisos de hierro en doble T.

MATERIALES, CARGA 400 KILOGRAMOS	Pesos.
	kg.
Riostras longitudinales de 14 × 14....................	4,50
Riostras transversales de 9 × 9....................	2,52
Forjado, techo, etc....................	180,00
Durmientes empotrados	15,00
Entarimado....................	23,00
Total.............	225,02

Pesos por metro cuadrado de las viguetas empleadas en los pisos usuales.

Luces.	Hierros en doble T.	Resistencia ordinaria.
		Pesos.
2 metros.	De 80 con peso de 7k,00....	9k,31
3 —	De 100 — 9 ,00....	11 ,97
4 —	De 120 — 10 ,50....	13 ,96
5	De 160 -- 15 ,00....	19 ,95
6 —	De 180 — 19 ,50....	25 ,93
7 —	De 200 — 22 ,00....	29 ,26
8 —	De 220 — 25 ,50 ...	33 ,91

Precios en Madrid de los materiales metálicos

(Anuario de Construcción de 1897).

Hierro forjado.

CLASES	DIMENSIONES	Precio por cada 100 kilogramos.
		Pesetas.
Cuadrado..........	Hasta 0,012............	32
	De 0,012 á 0,075..........	29
	Gruesos...............	Convencional.
Redondo..........	Hasta 0,012............	32
	De 0,012 á 0,075..........	29
	Gruesos...............	Convencional.
Pletinas..........	De 0,010 á 0,029 × 0,004 á 0,011.	32
	De 0,030 á 0,115 × 0,004 á 0,007.	32
	De 0,030 á 0,115 × 0,007 á 0,011.	29
Flejes.............	De todas dimensiones.......	34

CLASES	DIMENSIONES	Precio por cada 100 kilogramos.
		Pesetas.
Llantas.	De todas dimensiones.	29
Angulos y hierros **T**.	De íd. íd.	34
Pasamanos y medias cañas	De íd. íd.	34
Planos anchos.	De 0,120 á 0,200 × 0,010.	32
	De 0,200 á 0,300 × 0,010.	34
	De 0,300 en adelante.	35
Viguetas.	De 0,080 á 0,140.	25
	De 0,160 á 0,200.	23
	De 0.220 á 0,260.	30
	De 0,300 á 0,320.	30
Balaustres.	De hierro dulce recto núm. 3.	58
	De íd. íd. núm. 4	58
	De íd. íd. curvo núm. 31.	62
Chapas de hierro.	Del núm. 29 y 30 de 1.ª clase.	70
	Del núm. 28 de íd.	64
	Del núm. 25 al 27 de íd.	60
	Del núm 21 al 24 de íd.	58
	Del núm. 19 al 20 de íd.	56
	Del núm. 15 al 18 de íd.	56
	De 0,002 y más de íd.	54
	Del núm. 29 y 30 de 2.ª clase.	60
	Del núm. 28 de íd.	54
	Del núm. 25 al 27 de íd	50
	Del núm. 21 al 24 de íd.	48
	Del núm. 19 al 20 de íd.	40
	Del núm. 15 al 18 de íd	40
	De 0,002 y más de íd.	38
Medias cañas.	De todas dimensiones.	33
Hierros alomados y pasamanos.	Idem íd.	33
Palastro plano.	De 0,160 × 0,003 á 0,010 metros.	38
Palastro ondulado.	De todas dimensiones.	39
Hierros de bastidores para vidrieras de doble rebajo (1).	De 30, 33, 10 y 4.	40
	De 31, 26, 14 y 6.	
	De 40, 27, 14 y 5.	
	De 42, 25, 14 y 7.	
Hierros de bastidores forma de cruz (2).	De 52, 32, 4 y 5.	40
	De 53, 33, 4,5 y 6,5.	
	De 53. 34, 5 y 7	

(1) Las dimensiones expresadas en milímetros son: 1.ª, la altura; 2.ª, la anchura; 3.ª, la altura desde el paramento de molduraje hasta los rebajos; 4.ª, el grueso del vástago.

(2) Las dimensiones expresadas en milímetros son: 1.ª, la altura; 2.ª, la anchura; 3.ª, el espesor de los brazos menores de la cruz; 4.ª, el espesor de los brazos mayores.

Precios corrientes por 100 kilogramos de hierros y aceros laminados ([1]).

CLASES	DIMENSIONES EN MILIMETROS		Precio.
Redondos, cuadrados, exágonos y octógonos	6 y 7	»	30 ptas.
	8 y 9	»	29
	10 y 11	»	28
	12 á 75	»	26
	76 á 90	»	27,50
	91 á 120	»	29
	121 á 140	»	31
	141 en adelante	»	Convencional.
Flejes	12 á 19	»	30,50 / 31,50 / 32,50
	20 á 29	»	30 / 31 / 32,50
	30 á 75	»	28,50 / 29,50 / 30,50
	76 á 104	»	30,50 / 31,50 / 32,50
	110, 116, 120, 127 y 139	»	31 / 32 / 33
Pletinas	10 á 19	4 á 6	29
	10 á 19	7 á 10	28
	20 á 29	4 á 6	28
	20 á 29	7 á 10	27
	30 á 115	4 á 6	27
	30 á 115	7 á 10	26
Llantas y planos	16 á 115	11 arriba	26
	120 á 160	6 íd.	27,50
	170 á 210	6 íd.	29
Cortadillos cuadrados	4 y 5	»	31,50
	6 y 7	»	30
	8 á 15	»	29
Idem planos	11 á 35	4 á 12	27,50
Ángulos	24 á 44 de lado	»	29
	44 en adelante	»	27
Tes sencillas	24 á 44	»	30
	44 en adelante	»	29
Pasamanos			27,50
Medio redondos y almendrados			30
Bastidores			30

([1]) Puestos á bordo en la ría ó sobre vagón en la estación de Bilbao.
Para iguales dimensiones á las consignadas en esta tarifa, estos precios se aumentarán por 100 kilogramos en 5 pesetas para la calidad primera y 10 para la superior.

Precios corrientes por 100 kilogramos de hierros y aceros laminados ó forjados, puestos á bordo ó sobre vagón en la estación de Portu (línea del ferrocarril de Bilbao á Portugalete).

CLASES	DIMENSIONES EN MILÍMETROS	Precio. — *Pesetas.*
Hierros de U	»	24
Vigas de I	De 80 á 140 de altura	22
	De 160 á 240 íd.	20
	De 260 á 320 íd.	25
Vigas armadas	»	Convencional.
Lingotes de acero Bessemer	»	14
Techos de íd. íd.	»	16
Palanquilla de íd.	»	18
Llantones para la fabricación de chapa y hoja de lata	»	18
Hierro en bruto, en palanquilla y llantas. Primera	»	25
Segunda	»	20
Tercera	»	18
Acero pudelado en cuadrados y tableados	»	42
Acero especial en íd. íd.	»	25

Chapas y planos anchos de acero y hierro homogéneos.

	Grueso. — *Milímetros.*	Ancho. — *Metros.*	Largo. — *Metros.*	Precio. — *Pesetas.*
Chapas gruesas (1)	De 8 y más	Hasta 1,30	3,60	23
		1.31 á 1,40	3,40	24
		1,41 á 1,50	3,20	25
		1,51 á 1,60	3,00	26
Chapas medianas (2)	De 6 á 7	1,30	4,00	23
	De 4 á 5	1,20	3,50	25
	De 3	1,10	3,00	25

(1) Por cada 50 kilogramos ó fracción de 50 que exceda de 300 el peso de cada chapa se aumentarán los precios en una peseta por 100 kilogramos.

Las chapas que pasen de 450 kilogramos de peso ó de 1,60 metros de ancho serán á precios convencionales.

(2) Por cada 0,10 metros ó fracción de 0,10 de aumento en los anchos señalados se recargarán los precios en una peseta por 100 kilogramos.

Recargos por calidad y forma.

		Precio. — Pesetas.
Chapas.	De calidad superior en 100 kilogramos. . .	6
	De forma circular íd. íd.	4
	De otras formas irregulares íd. íd	3
	De 160 á 299 milímetros de ancho × 2 y más de grueso hasta 10 metros de largo. . . .	21
	De 300 á 449 íd. íd × 3 íd. íd. 9 íd.. . . .	21,50
	De 450 á 600 íd. íd. × 5 íd. íd. 8 íd.. . .	22

NOTA.—Los precios consignados se entienden puestos los hierros á bordo ó sobre vagón en la estación de Bilbao á Portu (línea del ferrocarril de Bilbao á Portugalete). El transporte á Madrid importa 329,85 pesetas por vagón de 10.000 kilogramos.

Piso de acero.—Las viguetas de acero dulce son próximamente una mitad más resistentes que las de hierro; siendo muy poco mayor el precio del acero que el del hierro, hay economía sensible en su empleo. Estas viguetas pueden ser, según esto, más ligeras que las de hierro (véase el cuadro de la pág. 18).

Se puede calcular la economía que resulta de emplear el acero. Supongamos, dice Mr. L. Gasne, un piso de hierro compuesto de 30 viguetas ordinarias en **I** de 140 milímetros de altura y 6 metros de longitud; estas piezas pesan 12 kilogramos por metro lineal, y por lo tanto, las 30 viguetas pesarán 2.160 kilogramos.

Siendo la resistencia de cada pieza 608 kilogramos, trabajando á razón de 8 kilogramos por milímetro cuadrado, el piso podrá sostener una sobrecarga de 18.240 kilogramos.

A 12 kilogramos el metro.	72 × 30 = 2.160	kilogramos.
Resistencia.	608 × 30 = 18 240	—

La vigueta de acero (de 6 metros de luz), con $0^m,140$ de altura, pesa 67 kilogramos en vez de 72 por metro lineal, y su resistencia es de 956 kilogramos. Bastarán, pues, 19 viguetas en vez de 30.

Peso del acero.	1.273 kilogramos.		
— del hierro..	2.160 —		
Suponiendo el hierro á 17 francos y el acero á 18,50 francos los 100 kilogramos..	el hierro.	367,20 fr.	
	el acero.	235,50	
	Diferencia.	131,70 fr.	

Resulta, pues, á pesar de la diferencia de precios, una economía de cerca de 40 por 100 en la construcción.

Se puede también, sin ningún inconveniente, reemplazar la disposición anterior por 27 viguetas de $0^m,120$ de altura, trabajando á 9 kilogramos, y cuyo peso es de 1.458 kilogramos. Estas 27 viguetas de acero tendrían la misma resistencia que las 30 de hierro y pesarían 700 kilogramos menos.

Encadenado metálico.—El encadenado metálico ha sido ya objeto de una nota en nuestro tomo IV (págs. 54 á 58).

Los encadenados más antiguos se realizaban por medio de grapas ó de barras terminadas por un extremo en forma de gancho y por el otro en un ojo.

En los sótanos se pueden emplear encadenados muy ligeros, y aun se puede suprimir en ellos el encadenado si el edificio es aislado; pero fuera de este caso, el encadenado es indispensable, sobre todo en las construcciones ligeras, porque permite á los muros trabajar exclusivamente por compresión.

Los tirantes, formados de barras de sección rectangular, corren á lo largo de los muros del contorno y se amarran en sus extremos; las cadenas transversales (relativamente á las viguetas) son también de barras planas. Tienen ordinariamente una sección de 45 á 50 $\times$ 9 milímetros y terminan en un ojo, por donde pasa el barrote de amarra.

El ensamblaje de talón ha sido descrito en nuestro tomo IV (figuras 121 y 122); las dos extremidades son forjadas en forma de talón, se colocan una contra otra y se aprietan por medio de collares y cuñas introducidas entre los dos talones.

Se puede también, en construcciones de poca importancia,

cuando se dispone de un hierro muy dulce, capaz de doblarse sin que se agriete, empalmar los eslabones de la cadena formando en los extremos ganchos que se enlazan unos con otros (figura 115).

Se pueden emplear las viguetas mismas para formar el encadenado pasando un barrote por un agujero abierto en el alma de la vigueta; el barrote puede ser horizontal ó dirigido oblicuamente. Se pueden también emplear barras rectangulares atravesadas por barrotes de sección cuadrada ó circular, uniendo la barra á la vigueta por medio de pernos ó de remaches (figuras 106 y 107).



Fig. 115.

En las construcciones de piedra de sillería se pueden amarrar dos cadenas con el mismo barrote colocado en la intersección de los ejes de dos muros que se encuentran.

Las viguetas que se utilizan como cadenas y descansan en los muros divisorios se empalman por medio de cubrejuntas robladas ó sujetas con pernos á las almas de las dos piezas empalmadas.

El extremo exterior del ojo de la cadena aflora en el paramento y se cubre con un enlucido de 3 centímetros de espesor.

Cuando hay dos cuerpos de edificio de una sola crujía, con una profundidad que no excede de 5 á 6 metros, y que tienen á veces, sin embargo, alturas hasta de 20 metros, es indispensable enlazarlos entre sí para consolidar la unión. Para ello se emplean las cadenas de hierros redondos de 35 á 40 milímetros de diámetro, los hierros en doble T, las vigas formadas por dos dobles T acopladas y las bóvedas de ladrillo con tirantes de hierro. Cuando se emplean dos hierros, lo mejor es ligarlos por riostras ó por pernos.

Se encuentra en nuestro tomo III (pág. 35) un ejemplo de

atirantamiento de fábricas, y en el mismo tomo III (pág. 96, figura 138) la armadura de las dovelas del dintel de un vano ó de un arquitrabe.

Para aliviar las dovelas que forman un arquitrabe, se puede emplear una simple barra plana embebida en la fábrica y colocada de plano.

Respecto á los dinteles formados de dovelas, Mr. E. Barberot aconseja que se consideren como una bóveda y se trate de impedir la separación de los puntos de apoyo, ligando las dos jambas por medio de una cadena amarrada en sus extremos.

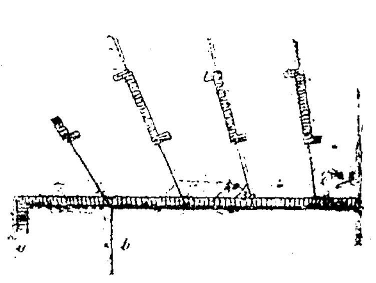


Fig. 116.

Se puede emplear también un dintel metálico ligero enganchado á las jambas por sus extremos, teniendo cuidado de dejar una entrega *ab* suficiente para que la sección horizontal de la piedra entre *a* y *b* pueda resistir á la tracción del tirante.

Las dovelas se ligan entre sí por medio de grapas de bronce, cuyos extremos penetran en dos piedras contiguas, ó por grapas especiales acodilladas en sentido opuesto (fig. **116**).

ENTRAMADOS METÁLICOS, ETC.

Entramados metálicos.—En general, un entramado metálico se compone de postes ó montantes, de soleras y carreras, de riostras de hierro ó de acero, etc., entre cuyos huecos se fabrica un relleno, ordinariamente de ladrillo.

Los montantes principales se colocan á distancias de 1 metro á $1^{m},50$; se ensamblan por sus extremos con las soleras y carreras y se ligan por medio de tirantes ó riostras.

Cuando la fábrica del relleno es poco resistente ó el entramado debe soportar grandes esfuerzos se emplean además riostras oblicuas para triangular el sistema.

Las carreras se colocan en todos los pisos á la altura de los correspondientes entramados horizontales; se ensamblan con los montantes del piso inferior, apoyándose en ellos, y sostienen los del piso superior, respecto á los cuales desempeñan el papel de soleras.

Los tirantes y las riostras ligan los montantes entre sí y consolidan el tabique de relleno.

En las construcciones usuales se emplean para constituir los entramados metálicos:

Como montantes y carreras, hierros en doble T de $0^m,12$ para rellenos de ladrillo de $0^m,11$ (lo que da un espesor total de $0^m,14$ á $0^m,15$, incluyendo el enlucido de 10 á 15 milímetros con que se cubre el hierro), ó también piezas en doble T de $0^m,14$ para los montantes y de $0^m,16$ para las carreras con ladrillos de $0^m,11$ ($0^m,16$ de espesor total con el enlucido de yeso de 10 milímetros para cubrir el hierro).

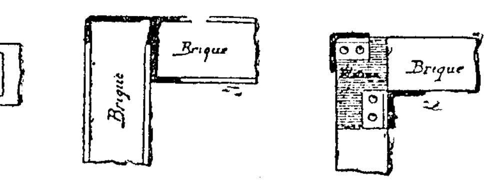


Fig. 119. Fig. 120. Fig. 121.

EXPLICACIÓN: *Brique*, ladrillo.

Las riostras horizontales son hierros redondos de 14 á 16 milímetros, ó barras planas de 4 á 7 milímetros ó más de grueso.

Los *postes* ó *montantes de relleno* son hierros en **I** ordinarios ó de cabezas anchas (de 12, 14 ó 16 centímetros), ó se forman con dos **I** acopladas. La sección en **I** se presta bien á recibir el relleno de ladrillos de $0^m,11$ de espesor ó los otros materiales que se emplean para el forjado. Los hierros zorés ó en ⊔ se emplean con frecuencia en las partes poligonales ó redondas.

Fórmanse los *cornijales* ó *postes de ángulo*, cuando se han de ocultar bajo una capa de yeso, con dos hierros **I** y un hierro de escuadra ensamblados á una brida interior (fig. 119).

Si el cornijal ha de quedar aparente, se puede formar con hierros en ⊔ ensamblados, como en la figura 120, ó con dos fuertes hierros de ángulo unidos por piezas acodilladas (fig. 121).

Las *soleras* de un entramado metálico consisten muchas veces en una barra plana ó en un hierro en **I** ó en ⊔ de igual ancho que los montantes, con los cuales se ensambla por medio de hierros de escuadra.

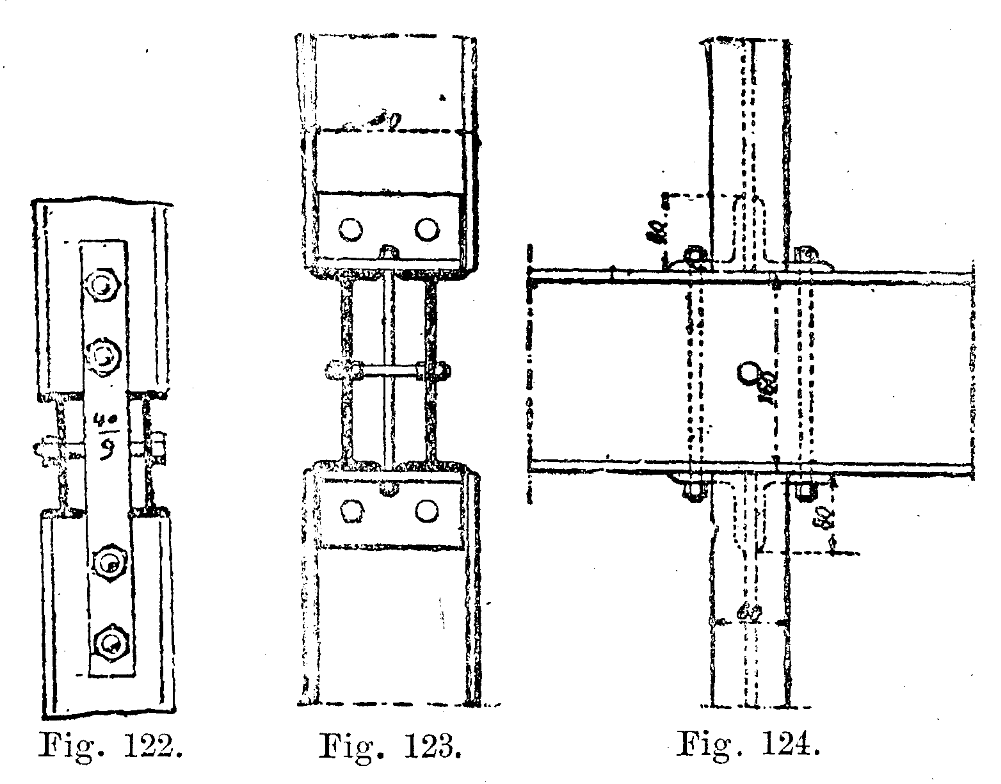


Fig. 122. Fig. 123. Fig. 124.

Las *carreras* se pueden formar con un hierro **I** colocado horizontalmente cuando los montantes están muy próximos; pero las más de las veces se hallan constituídas por medio de dos hierros en **I**, acoplados con la separación necesaria para que el ancho sea igual al del montante.

Los montantes de los entramados metálicos son generalmente interrumpidos en su encuentro con las carreras, conservándose continuas estas últimas piezas.

La extremidad superior de un montante se liga con la inferior del siguiente por medio de una barra plana sujeta con pernos á las almas de los dos montantes y apretada contra las dos piezas de la carrera por medio de otro perno (fig. 122). Cuando falta espacio para que pueda pasar entre las dos cabezas la barra en sentido del ancho se retuerce como en la figura 110, y las dos

piezas de la carrera quedan separadas solamente por el grueso de la barra.

Se puede también roblar cantoneras á los extremos de los dos montantes y unirlas por medio de pernos (figs. 123 y 124).

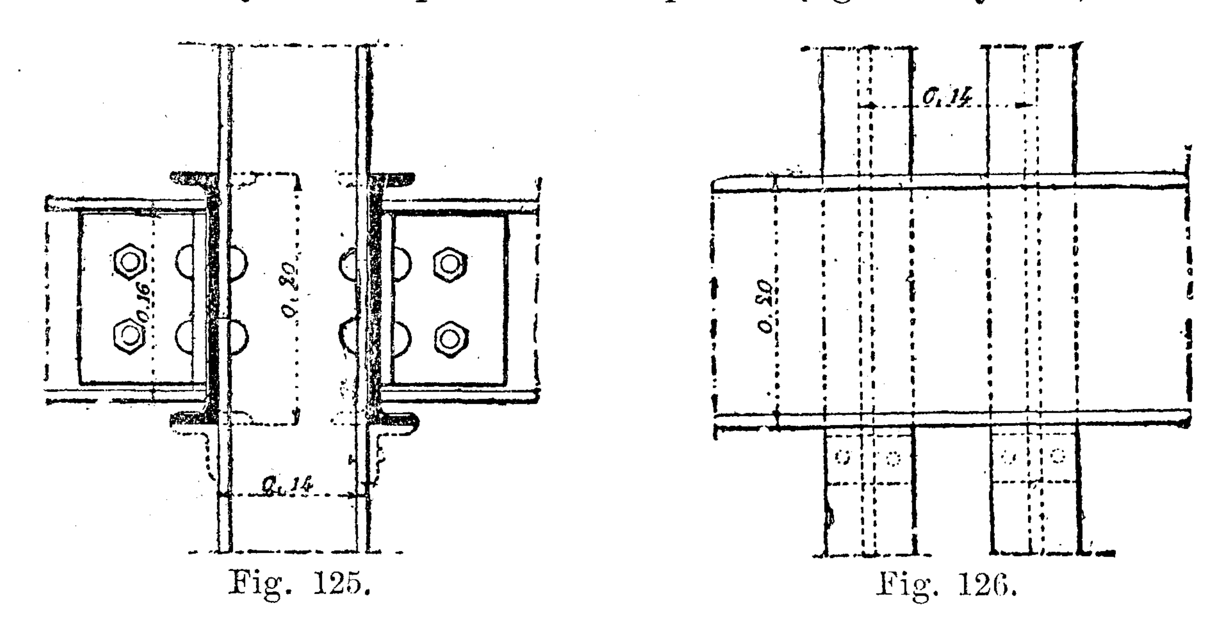
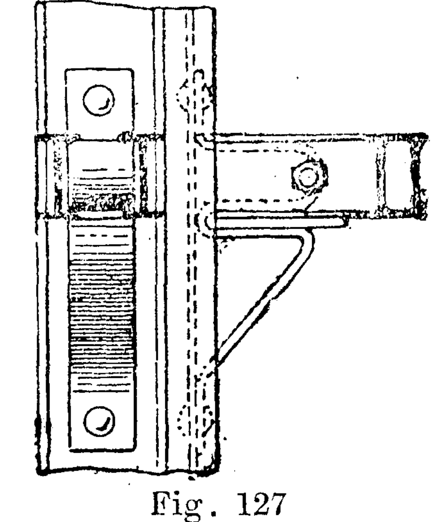


Fig. 125. Fig. 126.

Las figuras 125 y 126 representan un ensamblaje de carreras con postes, para el caso en que estas piezas se cruzan atravesándose sin interrumpir la continuidad en ninguna de las dos.

La figura 127 representa el ensamblaje de una carrera con un cornijal ó poste de ángulo, siendo este último continuo y uniéndose á él la carrera por medio de un hierro de ángulo ó de una barra en forma de ménsula roblada al montante.


Fig. 127

Los puentes ó riostras horizontales son generalmente piezas en doble T, cuyo objeto es ligar entre sí los montantes. Se coloca un hierro en doble T á la altura de los antepechos. Cuando la altura del piso es muy grande, se divide el espacio comprendido entre esta última pieza y la carrera por medio de otro hierro en doble T colocado

del mismo modo. Los montantes y los puentes se ensamblan por medio de cantoneras. En los intervalos comprendidos entre dos puentes, los montantes se ligan por tirantes de hierros redondos de 14 mm. de diámetro, terminados en filetes y sujetos con tuercas. Se emplean también barras planas de 40 × 7, acodilladas en sus extremos y ensambladas al alma del montante con un solo perno.

Llámanse *montantes compuestos* los formados de chapas planas y de hierros de ángulo para entramados de mucho espesor. La figura 128 representa un cornijal ó montante de ángulo de esta clase. La 129 indica otro montante, que viene á ser una verdadera viga tubular colocada verticalmente.

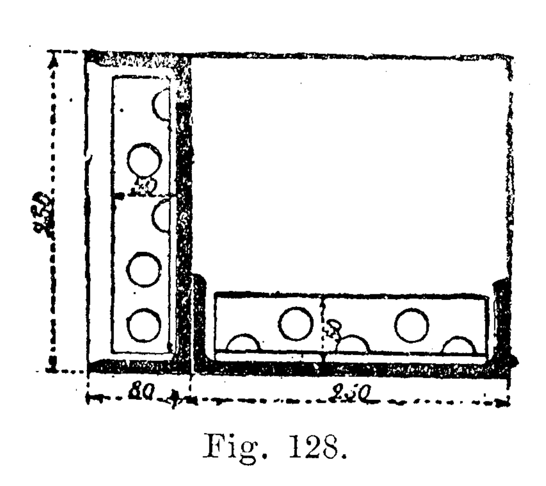


Fig. 128.

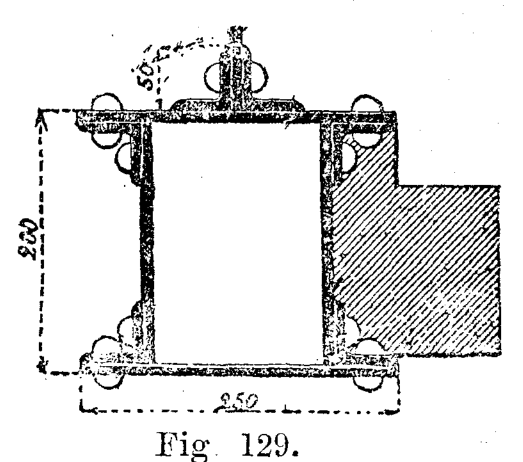
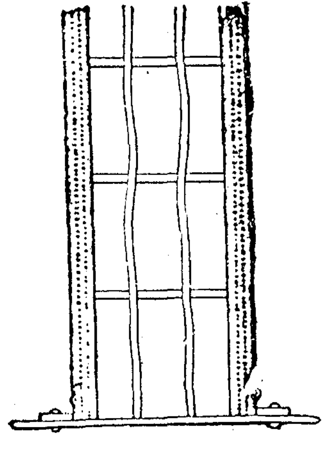
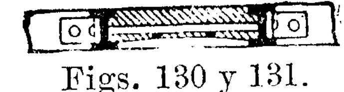


Fig. 129.

Los entramados metálicos llamados *ligeros* son construcciones cuya armazón (compuesta de montantes, carreras, pisos y armaduras) es metálica. Los cornijales son frecuentemente hierros de ángulo de $\frac{80 \times 80}{9}$; los montantes de relleno, hierros en ⊤ de $\frac{75 \times 80}{8}$; la carrera es una barra plana de 80 × 7; los puentes, hierros en **I** de 80; las carreras en que se apoyan las armaduras ó los pisos, hierros en ⊔ de 120 á 140 milímetros; los ensamblajes de las piezas que se unen con los montantes de ángulo y de relleno se disponen ordinariamente con escuadras ó cantoneras; los tirantes de barras planas quedan embebidos en los tendeles de mortero del relleno.

A veces se hacen los pisos destinados á soportar grandes cargas independientes de la fábrica, apoyándolos en montantes especiales adosados á los pilares de fábrica.





Figs. 130 y 131.
Entarimado metálico con su forjado.

Los entramados metálicos del sistema de Mr. Liger, á causa de su pequeño espesor, exigen poco espacio y proporcionan una gran resistencia sin el auxilio del forjado, que no tiene otro objeto que aislar el interior del edificio.

El montante puede ser formado por un hierro tubular zorés ó de dos hierros en doble T mantenidos á la debida distancia por medio de cuñas y de pernos. El manguito forma caja para recibir el montante, y la carrera, uniéndose á ellos todo alrededor por medio de pernos, se divide en dos partes por medio de un plano horizontal. Este manguito (figs. 132 á 134) forma el ensamblaje de la carrera con los montantes.

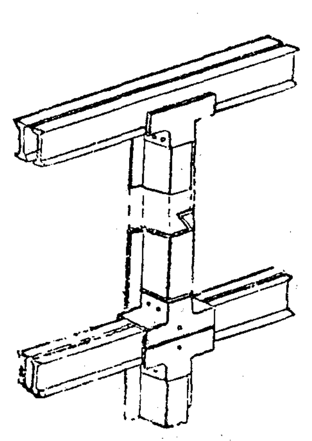


Fig. 132.
Emsamblaje de un montante de hierro zorés con viguetas de hierro.

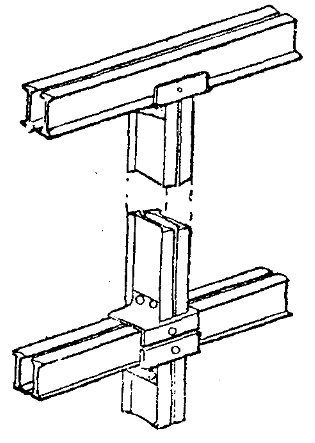


Fig. 133.
Ensamblaje de un poste formado de dos dobles **T**.

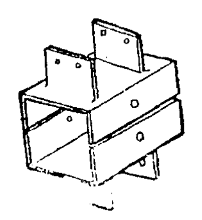


Fig. 134
Caja de ensamblaje de postes en doble **T**.

No se colocan postes de hierro en los cercos de los vanos, como en los entramados de madera; se disponen en los entrepaños. Tampoco los cornijales se colocan en la misma esquina, como los

de madera, sino á una pequeña distancia del ángulo. El relleno ó forjado suele ser de yesones, de ladrillo común, de ladrillos de yeso, hormigón comprimido, etc. En las construcciones ordinarias, las carreras de hierro en doble ⊤ de 0m,12 son suficientes; los postes, colocados á unos 2 metros uno de otro, son de hierros zorés de 19 á 15,50 kilogramos por metro lineal, ó hierros en doble ⊤ de 0m,12, que pesan 21 kilogramos por metro lineal.

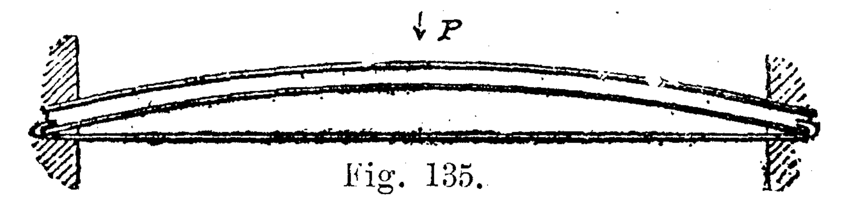
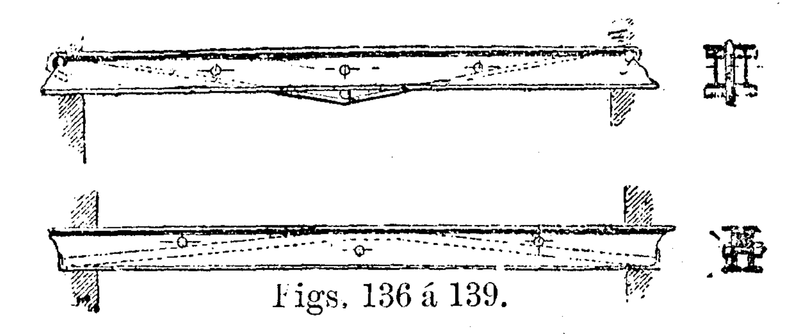


Fig. 135.

Vigas armadas.—Las vigas armadas de hierro pueden presentar muchas disposiciones diferentes. Se pueden formar simplemente atirantando una pieza encorvada (fig. 135).


Figs. 136 á 139.

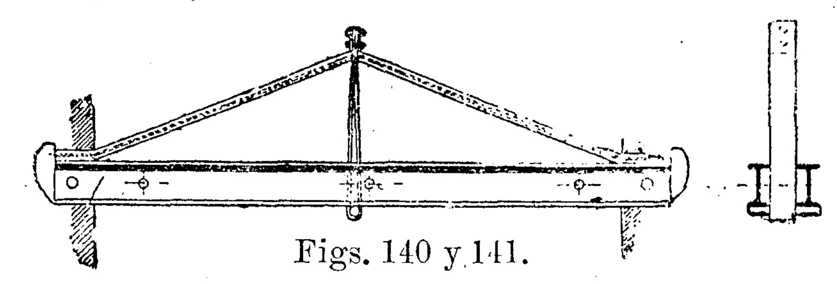
Se puede también formar la viga armada con dos hierros en I acoplados, sostenidos en su punto medio por un tirante de hierro redondo unido por sus extremos á la parte superior de estas piezas y que tiende á levantar una barra atravesada en el centro por debajo de las dos piezas en I (figs. 136 y 137).

Un dintel de fachada se puede reforzar colocando entre las dos dobles ⊤ que lo constituyen dos pares formados por un hierro cuadrado (figs. 138 y 139).

Se pueden también formar con dos hierros en doble ⊤, acoplados y reforzados en su punto medio por un pendolón sostenido por dos pares en ⊤ (figs. 140 y 141); el esfuerzo es referido á los puntos de apoyo por los pares, que quedan embebidos en la fá-

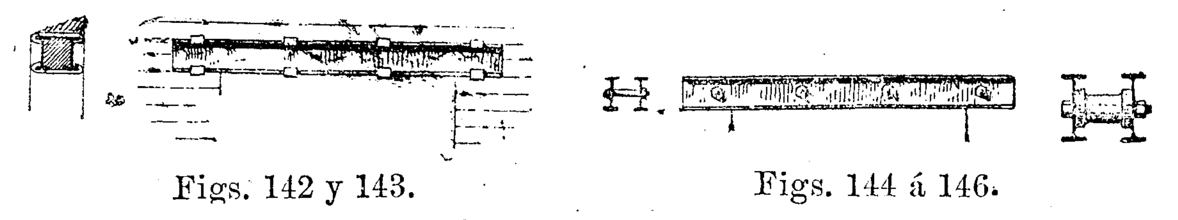
brica. Este sistema de viga armada conviene cuando no hay vanos que puedan dificultar su colocación.

Una viga armada aparente puede ser atirantada con uno ó varios tirantes de hierros planos ó redondos. Se emplea un solo tirante en el caso de dos hierros en doble T yuxtapuestos (figuras 136, 137 y 185).


Figs. 140 y 141.

Se construyen también vigas mixtas de madera y de hierro; la madera forma la viga principal ó el larguero superior, y uno ó varios tirantes de hierro lo sostienen en puntos intermedios.

Dinteles de hierro.—Los dinteles son vigas colocadas sobre los vanos, sean puertas, ventanas, tragaluces, etc., sus extremos se apoyan en los entrepaños.


Figs. 142 y 143. Figs. 144 á 146.

El dintel se compone muchas veces de dos vigas en doble T reunidas por piezas de hierro terminadas en ganchos que se sujetan á las cabezas para mantener la separación necesaria. Cuando el dintel es ligero, se hace el forjado ó relleno antes de colocarlo; pero si es muy pesado, se rellena después de colocado, valiéndose de una tabla aplicada á las cabezas inferiores que sirve de cimbra. El relleno es de yeso y yesones ó de ladrillo (figs. 142 y 143).

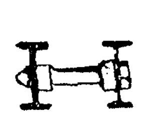
Los *dinteles arriostrados* por tubos y pernos están formados por dos hierros en doble T, con una separación inferior en unos $0^m,05$ al espesor del muro en que se apoya el dintel; estas piezas

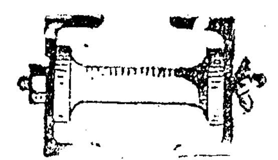
van arriostradas por tubos de hierro que impiden la aproximación, por dentro de los cuales pasan pernos que evitan la separación (figs. 144 y 145).

Estos tubos se hacen también de fundición (fig. 146).

Cuando los dinteles quedan aparentes, se pueden disimular las cabezas de los pernos con florones de fundición ó con adornos de porcelana (fig. 147).

También se pueden constituir dinteles con dos hierros en ⊏ cuyos nervios están vueltos hacia el interior (fig. 148).


Fig. 147.


Fig. 148.

En los *dinteles de hierros cuadradillos* se emplean hierros de 3 á 4 centímetros por lo menos, cortados á la longitud necesaria; este sistema se emplea para vanos estrechos, tragaluces, ventanillos, etc.

Cuando los dinteles están formados de dovelas de piedra se atirantan frecuentemente con barras colocadas de plano, amarradas en sus extremos ó acodilladas para engancharse á la fábrica.

Grandes dinteles de hierro.—Según los reglamentos franceses, los grandes dinteles destinados á soportar los muros de fachadas no pueden tener luces libres superiores á 3 metros, debiendo existir apoyos intermedios (machones ó columnas) si su longitud es mayor; se autorizan, sin embargo, luces mucho mayores.

Estas vigas deben calcularse con arreglo al peso de la fábrica que insiste sobre ellas. Cuando, por limitación de la altura, no se puede encontrar un hierro de sección suficiente, se emplean hasta 3 ó 4 (fig. 160).

El arriostramiento es de tubos de fundición como en las figuras 146 y 161, ó formado por cruces de San Andrés de barras de hierro (figs. 156, 157, 158 y 160); se aprietan estas barras por medio de pernos ó cinchos exteriores colocados en caliente.

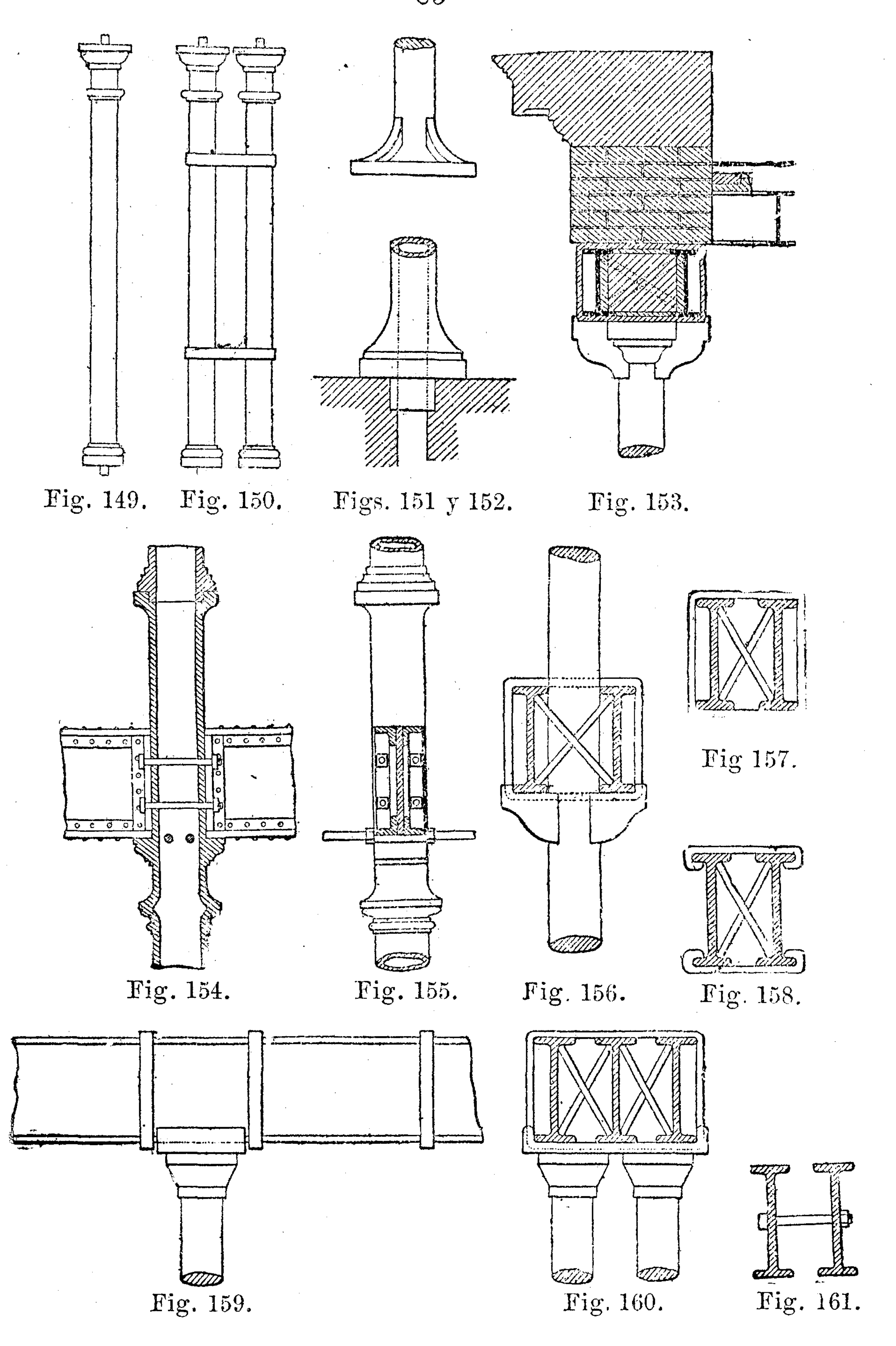


Fig. 149. Fig. 150. Figs. 151 y 152. Fig. 153.

Fig. 154. Fig. 155. Fig. 156. Fig 157. Fig. 158.

Fig. 159. Fig. 160. Fig. 161.

En este último caso, para dilatar el cincho, se le calienta á una temperatura elevada, y se enfila por él la viga; se deja entonces que se enfríe el hierro, que, al contraerse, vuelve á adquirir las dimensiones que tenía primitivamente antes de haber sido caldeado; de este modo se obtiene el temple necesario de las piezas de arriostramiento.

Fig. 162.

Columnas [1]**, puntos de apoyo, pilares, vigas y pilastras metálicas.**—Los machones de piedra pueden ser reemplazados por pilares ó *columnas* de sección circular, *de fundición* y á veces *de hierro* (figs. 149 á 188). Van unidas en sus extremos superiores por vigas de hierro ó de acero, y á menudo están provistas de nervios laterales para enlazarse bien con las fábricas contiguas. Estas columnas pueden ser huecas ó macizas.

Las columnas huecas (figs. 152, 154 y 155) pueden utilizarse para dar salida á las aguas, cuando sostienen directamente las armaduras de los tejados.

Fig. 163.

Las columnas terminan generalmente por la parte inferior en ensanchamientos que se llaman *basas* (figs. 151 y 152), destinados, no solamente á repartir la presión sobre el lado de piedra en que se apoyan, sino también á aumentar la estabilidad. El pie se fija por una espiga ó botón que penetra en una caja abierta en la piedra, ó por una prolongación de la columna más abajo de la basa. En otros casos las columnas se fijan por medio de

(1) Véase nuestro tomo II para la resistencia de las columnas metálicas.

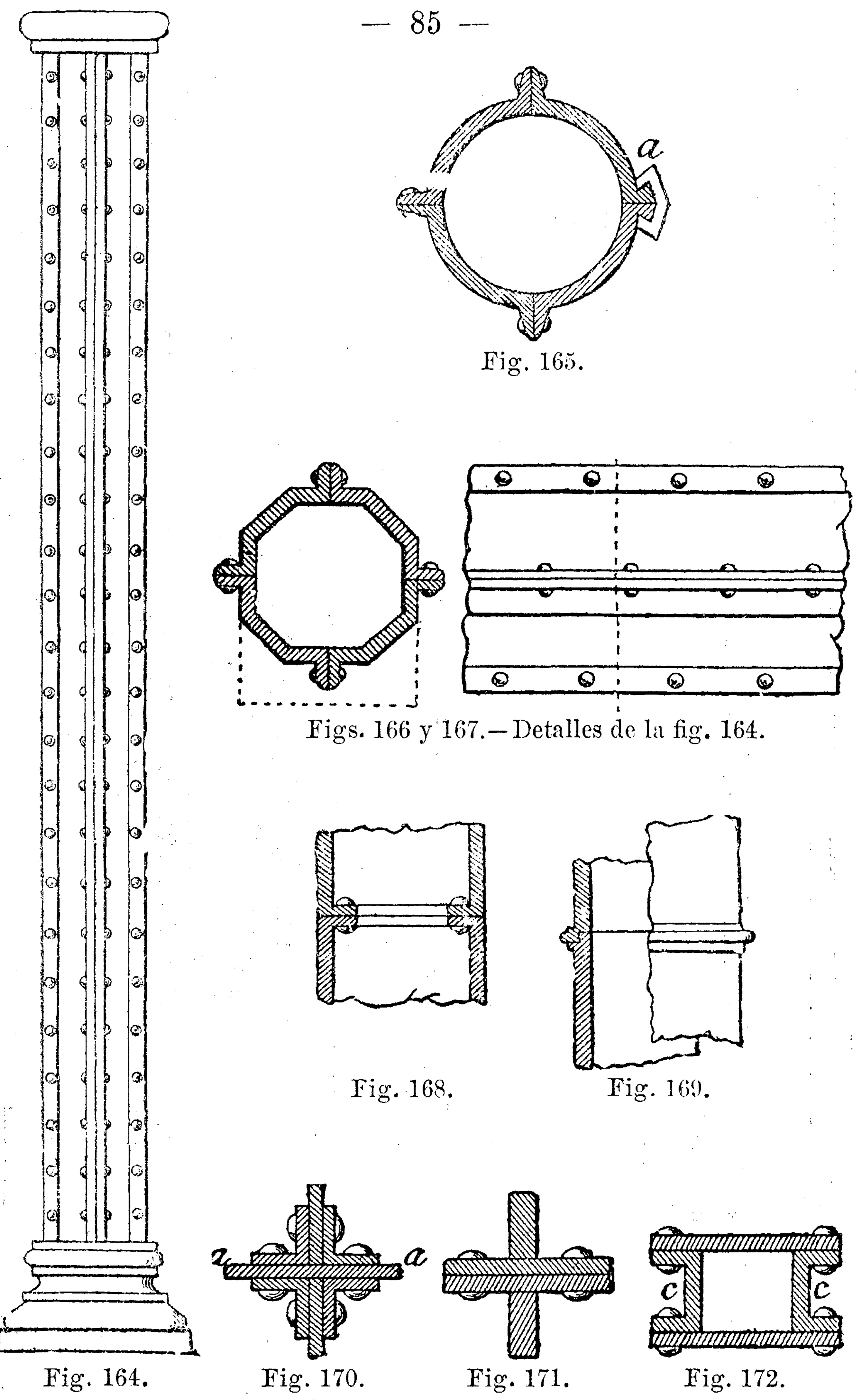


Fig. 165.

Figs. 166 y 167.—Detalles de la fig. 164.

Fig. 168.

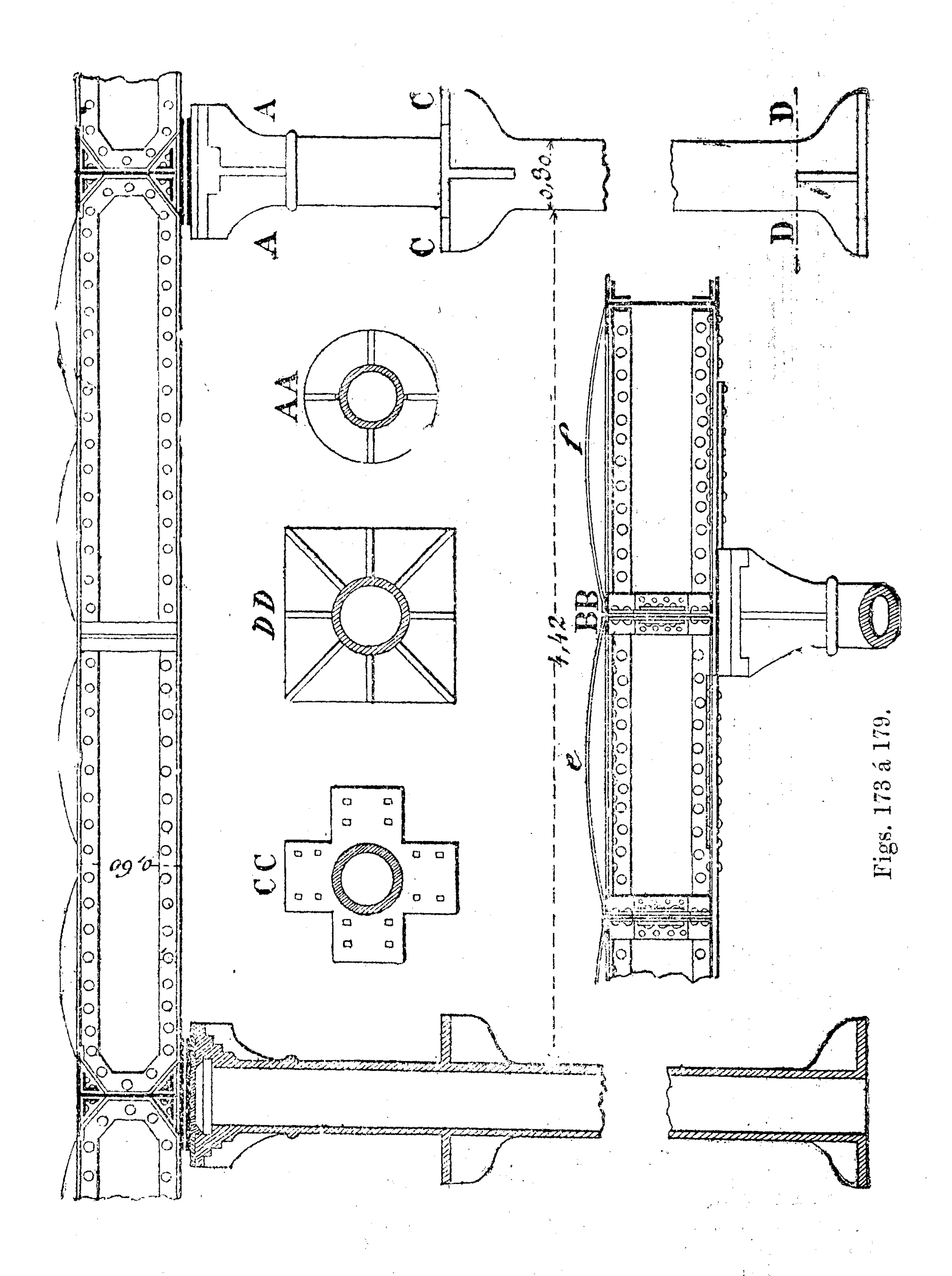
Fig. 169.

Fig. 164.

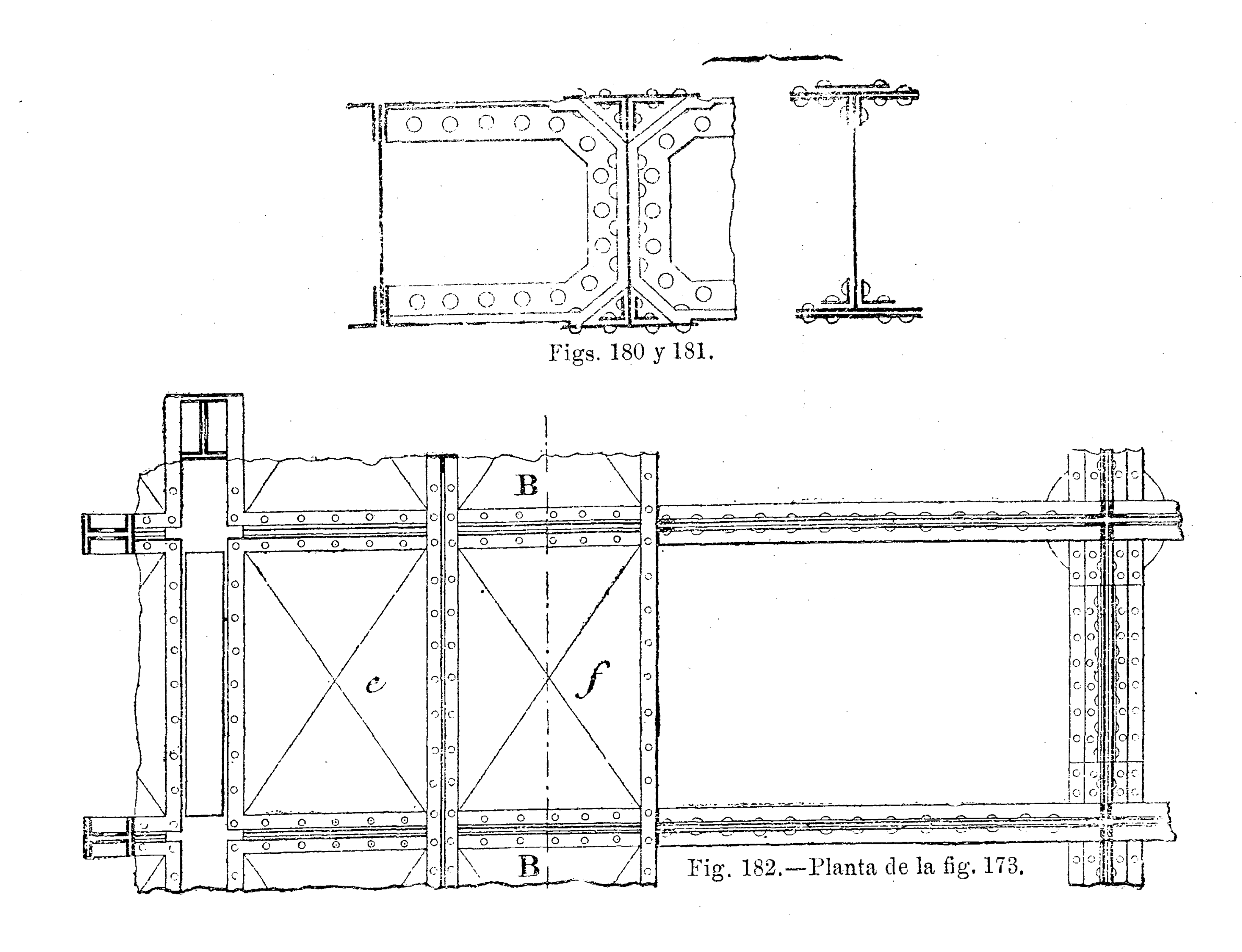
Fig. 170.

Fig. 171.

Fig. 172.



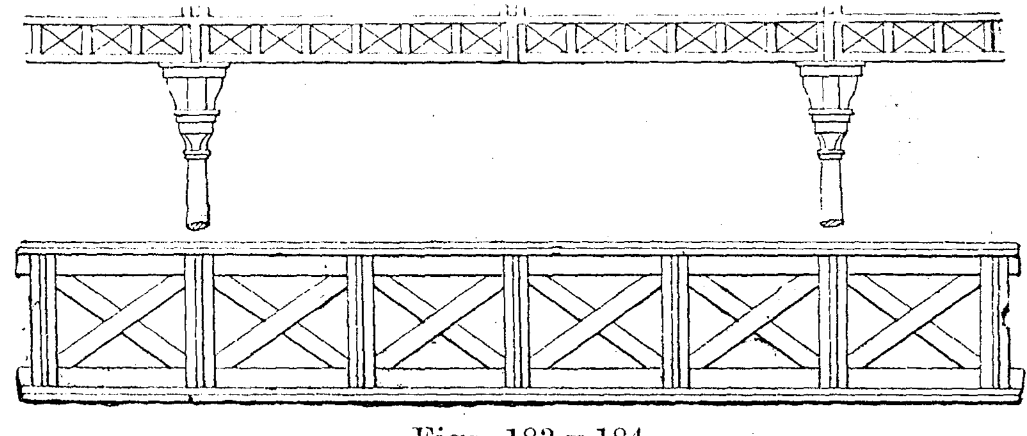
Figs. 173 à 179.



Figs. 180 y 181.

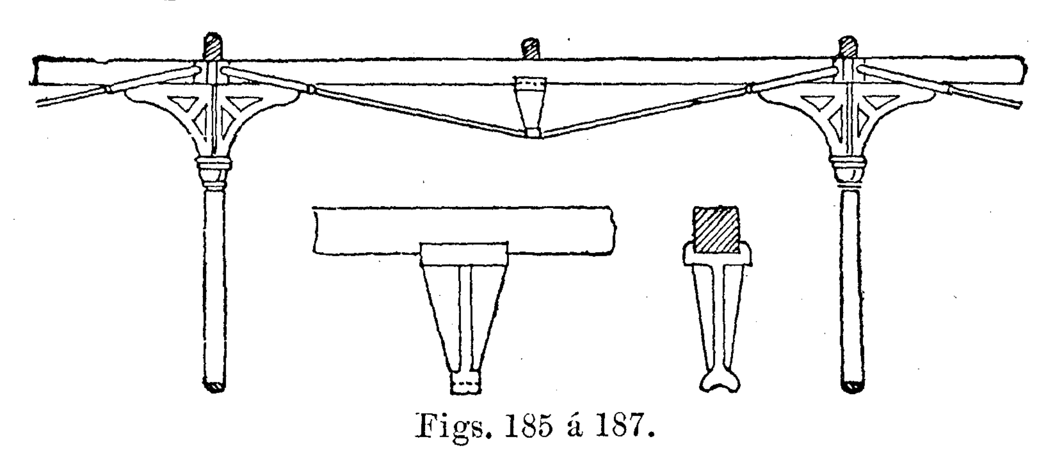
Fig. 182.—Planta de la fig. 173.

pernos. Para asegurar á una columna un perfecto apoyo sobre su pedestal, se acuña en su posición exacta y se inyecta cemento debajo de la basa (que no es más que una simple placa obtenida al fundir la pieza), dejando un ligero resalto en el centro; este proce-



Figs. 183 y 184.

dimiento es insuficiente cuando las cargas son considerables. En este caso, se empotra en el macizo de fábrica (fig. 188) una placa cuadrada ó poligonal, la cual se amarra al macizo por medio de



Figs. 185 á 187.

4 ó 6 tirantes que penetran á bastante profundidad en la fábrica. Esta placa puede llevar en su cara inferior nervios en dirección de los tirantes, aunque esto dificulta generalmente la colocación. Esta placa presenta en el centro una espiga con un resalto variable entre la mitad y el doble del diámetro, siendo éste algo inferior al diámetro interior de la base de la columna. La columna presenta en su parte inferior un ensanchamiento que

se encaja en la espiga de la placa de apoyo, y una vez presentadas las piezas en su posición exacta, se inyecta cemento en el espacio que queda entre ellas por un agujero preparado en la columna. Se admiten como correspondientes las proporciones siguientes:

Espesor.	Altura.	Diámetro exterior.
15 milímetros.	3 á 4 metros.	100 milímetros.
20 —	4 á 6 —	110 á 130 —
25 —	6 á 8 —	150 á 250 —
30 —	8 á 10 —	300 á 350 —

Por la parte superior, las columnas terminan en un capitel (figuras 149, 150, 153, 154, 159, 173 y 193), ornamentado ó no, pero que presenta las superficies de apoyo necesarias ó ménsulas para recibir los extremos de las vigas, ó también enchufes para empalmar otra columna que se coloca á veces encima. Conviene, pues, dar á los capiteles formas de igual resistencia en consonancia con las cargas (figs. 189 á 191).

Fig. 188.

Las columnas que soportan varios pisos deben elevarse á plomo desde el cimiento, con empalmes como los representados en las figuras 189 y 190; las vigas de los pisos se colocan lateralmente sobre ménsulas, que pueden ser fundidas con la columna ó unidas á un collar ó anillo que rodea al fuste de la columna y se apoya en un resalto que éste presenta (fig. 191).

Para formar jácenas de madera para dinteles, se dividen en dos partes las piezas que se han de utilizar; se separan las dos mitades unos $0^{m},05$ á $0^{m},06$ por medio de cuñas de hierro y se enlazan por medio de pernos. Las vigas que se utilizan como dinteles pueden tener suficiente resistencia para soportar entrepaños.

Las figuras 153 á 160 y 173 á 193 representan diversos siste-

mas de ensamblajes de columnas con jácenas y dinteles metálicos; éstos están formados por dos ó tres vigas de hierro sujetas exteriormente por cinchos (fig. 157), ganchos (fig. 158) ó pernos (figura 161) é interiormente con cruces de San Andrés (figs. 156, 157, 158 y 160) de hierros cuadradillos (de 0^{m},025 de lado) apretados entre las cabezas de las vigas contiguas. Se colocan

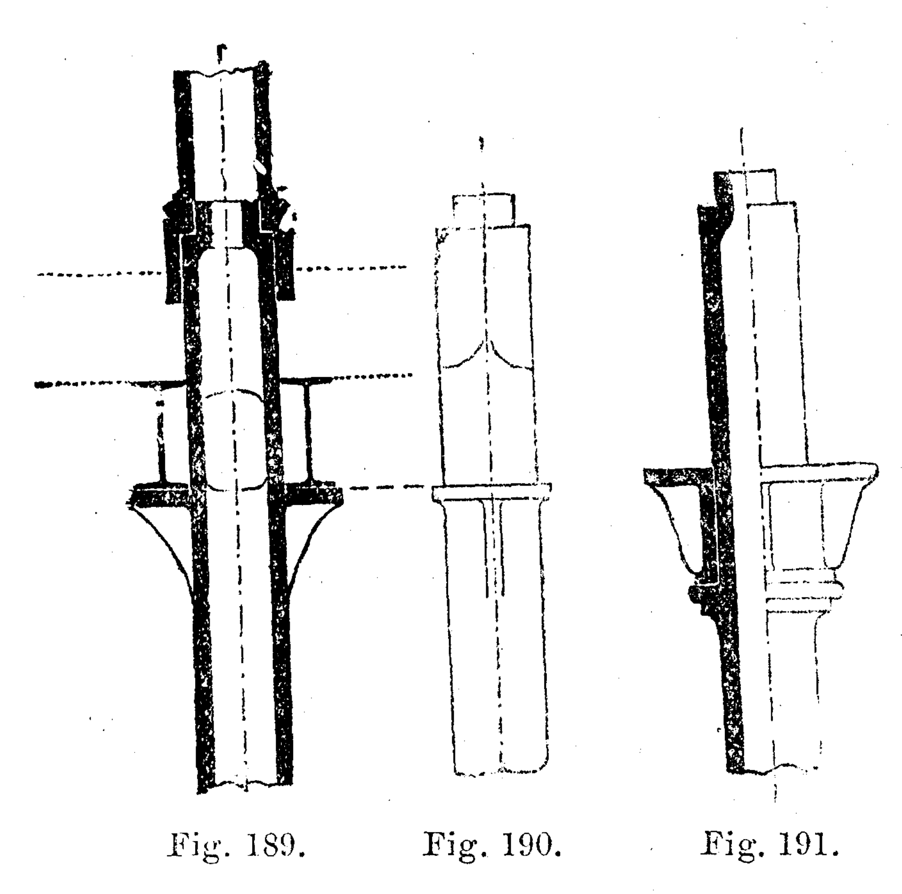
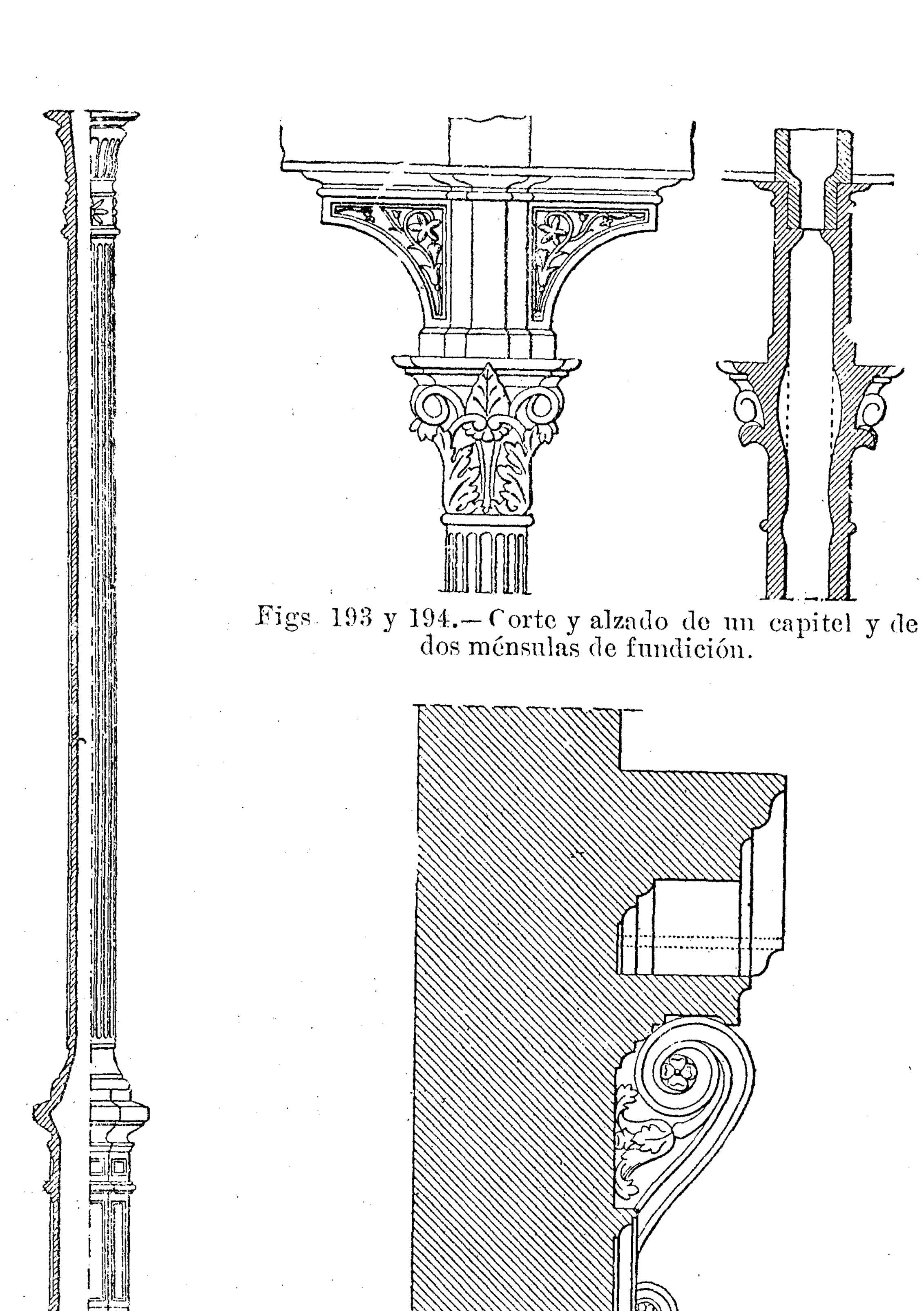


Fig. 189. Fig. 190. Fig. 191.

estribos, cinchos ó riostras de hierros planos de 60×12 milímetros á distancias de 1 metro, se ponen en caliente y ejercen una gran presión al enfriarse. El intervalo entre las almas se rellena con fábrica de ladrillo.

Las figuras 173 á 187 representan columnas de fundición en que se apoyan vigas y dinteles.

Se pueden fundir las piezas con sección rectangular en los puntos en que se cruzan con las vigas, para facilitar el ensamblaje y asegurar mejor su posición; se preparan de antemano los agujeros de los pernos y se interponen cuñas para evitar que



Figs. 193 y 194.—Corte y alzado de un capitel y de dos ménsulas de fundición.

Fig. 192.—Columna de fundición adornada con molduras.

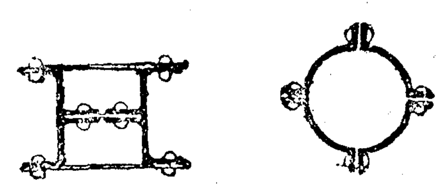
Fig. 195.
Corte de un frontón sostenido sobre un vano por ménsulas decoradas con volutas.

bajo la tensión que éstos ejercen puedan alabearse las almas de las vigas.

Se debe evitar interponer las vigas de hierro ó de madera entre el capitel de una columna y la basa de la que viene encima, porque toda flexión de la viga produce una desviación de la columna y puede ocasionar su rotura; la carga es resistida entonces, en el intervalo comprendido entre las dos columnas, por el extremo de la viga, que no está destinado á soportar estos esfuerzos de compresión.

Columnas americanas de hierro.—En los Estados Unidos se construyen muchos edificios completamente metálicos para hacerlos incombustibles.

Las figuras 196 y 197 representan las columnas Strobel y Phénix, que son las más empleadas. Cumplen lo mejor posible las condiciones á que deben satisfacer, que son las siguientes:



Figs. 196 y 197.

1.ª Exigir el menor peso posible de metal para una resistencia dada. Bajo este concepto, la columna Strobel conviene principalmente para las pequeñas dimensiones, por ser necesario en las grandes reforzarla con nervios exteriores; la columna Phénix está indicada para el caso de las grandes dimensiones.

2.ª Poderse formar con hierros fáciles de encontrar y de fabricar con cualquier dimensión.

3.ª Ser de fabricación económica; especialmente no exigir demasiados roblones, tanto en la columna misma como en las ménsulas y ensamblajes.

4.ª No deformarse al ejecutar el roblado; prestarse á un buen ensamblaje para empalmar los trozos, que deben ir estrechándose hacia la parte superior. Se emplean trozos que comprenden uno ó dos pisos; existen, sin embargo, hasta de 30 metros de altura.

5.ª Solidez de los ensamblajes laterales. Se deben poder colocar holgadamente los roblones necesarios para referir la carga á la columna; la carga debe aplicarse á la columna lo más cerca posible del eje, particularmente cuando los pesos no obran simétricamente. En fin, es preciso que se puedan corregir durante el

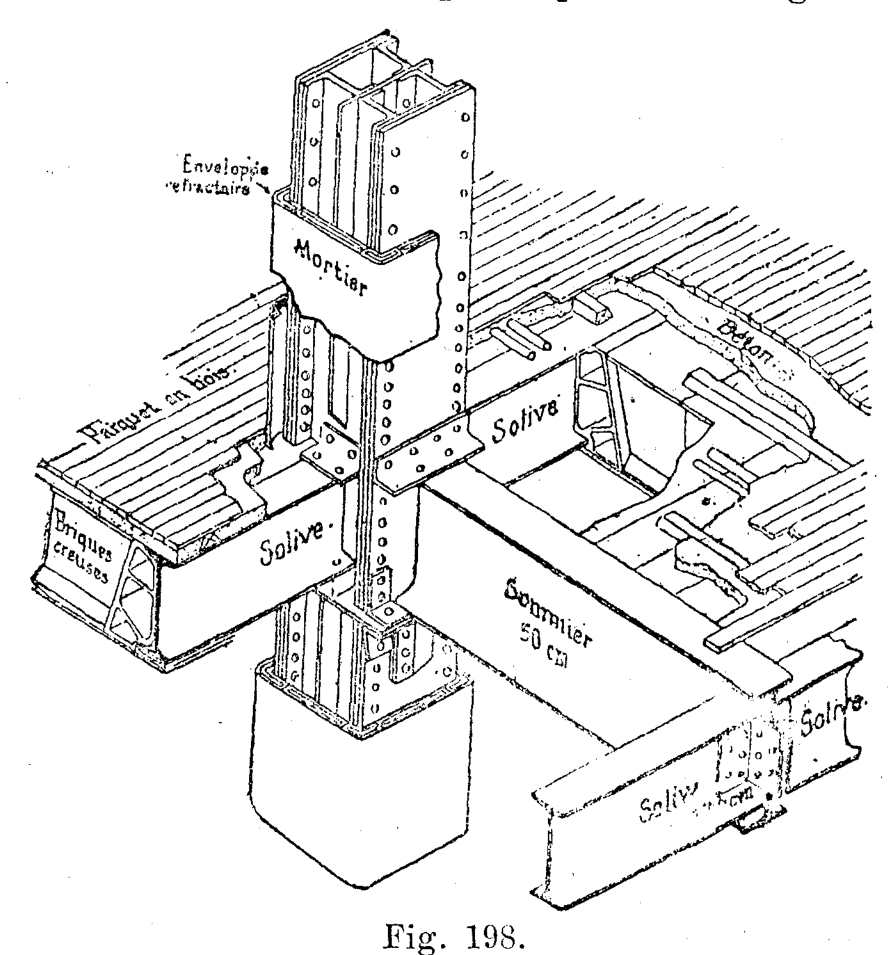


Fig. 198.

Explicación: *Enveloppe réfractaire*, envolvente refractaria.—*Mortier*, mortero.—*Parquet en bois*, entarimado.—*Briques creuses*, ladrillos huecos.—*Solive*, vigueta.—*Sommier*, jácena.—*Béton*, hormigón.

montaje las pequeñas diferencias de altura, y aun establecer posteriormente un ensamblaje no previsto, en caso de una variación del proyecto.

6.ª Que se aplique la pintura sin dificultades y puedan ser todas las piezas fácilmente reconocidas y vigiladas. Los perfiles cerrados son los menos recomendables desde este punto de vista.

7.ª El buen ajuste de la envolvente refractaria.

Las columnas se transportan al pie de obra completamente

robladas; no se coloca un solo roblón ni se perfora un agujero en la obra. El montaje se lleva á cabo exclusivamente por medio de pernos y tuercas.

Las columnas se hallan arriostradas entre sí en todos los pisos por las vigas (fig. 198), y las filas exteriores por las carreras y dinteles que se colocan sobre los vanos. Cuando los muros exteriores no se apoyan en carreras más que de dos en dos pisos ó con intervalos mayores, se intercalan riostras á la altura de los pisos intermedios; así lo exigen los reglamentos de Nueva York.

Cargas de las columnas metálicas.—Hemos dado en el tomo II cuadros que dan á conocer las cargas prácticas de las columnas macizas de hierro y de fundición; pero no hemos hablado de las columnas huecas, que presentan una gran economía relativamente á las llenas.

Como hemos dicho ya, las columnas metálicas son generalmente de fundición; se emplean con menos frecuencia columnas de hierro. Las columnas metálicas de fundición ó de hierro son macizas ó huecas.

Las columnas huecas son más económicas que las macizas, es decir, que á igualdad de peso su resistencia es mayor.

En fin, las columnas de fundición ó de hierro, macizas ó huecas, se empotran en sus extremos.

Si una columna se halla fuertemente sujeta en sus extremos, ó si éstos están bien labrados y ajustados á las piezas contiguas, se la considera como *doblemente empotrada*. Si los dos extremos son redondeados, lo cual les permite girar, se dice que la columna no está empotrada. El doble empotramiento aumenta la resistencia de las columnas.

La economía del empotramiento se puede resumir de este modo: para cargas iguales, la altura de la columna empotrada puede ser doble de la correspondiente á la columna no empotrada.

Damos á continuación cuadros que permitirán apreciar la economía de las columnas empotradas con relación á las no empo-

tradas. Las cargas por centímetro cuadrado están calculadas con los tres coeficientes 1/8, 1/7 y 1/6 de la carga de rotura.

Las dos primeras columnas del cuadro indican en números redondos la razón de la altura de la columna metálica á su diámetro. Las otras tres columnas del cuadro dan á conocer la carga por centímetro cuadrado de la columna metálica, según esté ó no empotrada y según los tres coeficientes de seguridad adoptados.

Cargas de las columnas macizas de fundición.

l/D = razón de la altura de la columna á su diámetro.

Coeficientes de seguridad: 1/8, 1/7 y 1/6 de la carga de rotura.

Carga de rotura, 7.500 kilogramos por centímetro cuadrado.

Columnas no empotradas. $\frac{l}{D}$	Columnas empotradas. $\frac{l}{D}$	CARGAS DE LAS COLUMNAS MACIZAS POR CENTÍMETRO CUADRADO		
		Coeficiente 1/8.	Coeficiente 1/7.	Coeficiente 1/6.
5	10	700 kg.	800 kg.	933 kg.
6	12	630	720	840
7	14	565	646	753
8	16	502	575	670
9	18	447	510	596
10	20	397	454	529
11	22	356	407	475
12	24	317	363	423
13	26	285	326	380
14	28	257	294	343
15	30	232	265	309
16	32	210	240	280
17	34	190	218	254
18	36	174	199	232
19	38	159	182	212
20	40	146	167	195
21	42	135	154	180
22	44	124	142	165
23	46	115	131	153
24	48	106	122	142
25	50	99	113	132
26	52	92	105	123
27	54	86	99	115
28	56	83	92	108
29	58	75	86	100
30	60	70	81	94

Aplicación del cuadro precedente.—La altura de una columna de fundición es de $3^m,60$ y su diámetro $0^m,12$; calcular la carga que puede soportar.

Admitiremos que la columna esté doblemente empotrada.

Solución.—La razón de la altura de la columna á su diámetro es el cociente de $3^m,60$ por $0^m,12$, ó sea 30. Para esta razón, que se debe buscar en la segunda columna del cuadro (*columnas empotradas*), se lee enfrente, á la derecha y en la misma horizontal, 232 kilogramos, que es la carga por centímetro cuadrado para la columna propuesta, calculada con el coeficiente de seguridad 1/8. Siendo el diámetro $0^m,12$, la sección de la columna es de **113** centímetros cuadrados. La columna puede, según esto, sostener

$$113 \times 232 = 26.200 \text{ kilogramos.}$$

Columnas huecas de fundición.—Hemos admitido que el espesor de las columnas es el décimo del diámetro exterior. Es una buena proporción que conviene adoptar.

Para espesores que difieran poco de éste, el cuadro da una aproximación suficiente.

El cuadro siguiente da la carga por centímetro cuadrado de la columna hueca, según esté ó no empotrada. Las cargas han sido calculadas con los coeficientes 1/8, 1/7 y 1/6 de la carga de rotura. La disposición del cuadro es la misma que la del correspondiente á las columnas macizas.

Según E. Brune, para alturas de columnas huecas de fundición de 2 á 3 metros, 3 á 4 metros, 4 á 6 metros, 6 á 8 metros y 8 á 10 metros, los espesores son respectivamente: $e = 12$ milímetros, 15 milímetros, 20 milímetros, 25 milímetros y 30 milímetros.

Cargas por centímetro cuadrado de las columnas huecas de fundición.

Coeficientes de seguridad: 1/8, 1/7 y 1/6 de la carga de rotura. Carga de rotura, 7.500 kilogramos por centímetro cuadrado.

Columnas huecas no empotradas. $\frac{l}{D}$	Columnas huecas empotradas. $\frac{l}{D}$	CARGAS DE LAS COLUMNAS HUECAS POR CENTÍMETRO CUADRADO		
		Coeficiente 1/8.	Coeficiente 1/7.	Coeficiente 1/6.
5	10	777 kg.	888 kg.	1.036 kg.
6	12	723	827	964
7	14	670	763	890
8	16	614	702	819
9	18	562	543	750
10	20	523	598	697
11	22	469	537	626
12	24	430	491	573
13	26	390	448	522
14	28	358	410	478
15	30	328	376	438
16	32	301	345	402
17	34	278	318	371
18	36	256	293	341
19	38	236	270	315
20	40	218	250	291
21	42	202	232	270
22	44	187	215	250
23	46	175	201	233
24	48	163	187	218
25	50	153	174	204
26	52	142	163	190
27	54	133	153	178
28	56	126	144	168
29	58	118	135	157
30	60	111	127	148

La aplicación de este cuadro es idéntica á la del relativo á las columnas macizas (pág. 95).

Vigas mixtas de madera y de hierro.—Se acoplan á veces, para constituir una viga, un hierro laminado en doble T simétrica con dos piezas de madera de sección rectangular, uniendo las tres piezas por medio de pernos. Pero no es prudente

ni económico asociar así materiales cuyos coeficientes de elasticidad difieren tanto como los de la madera y el hierro, y este sistema no es recomendable.

Corcho aglomerado para pisos.—El producto llamado *hormigón de corcho* es muy ligero y se emplea para forjados de pisos; se vierte sobre el entablonado que sirve de cimbra un espesor de $0^{m},10$, y cuando se ha endurecido se rellenan con yeso ó mortero los espacios que quedan vacíos debajo de las cabezas superiores de las viguetas, enluciendo el techo con una capa de yeso ó de mortero que constituye el cielo raso.

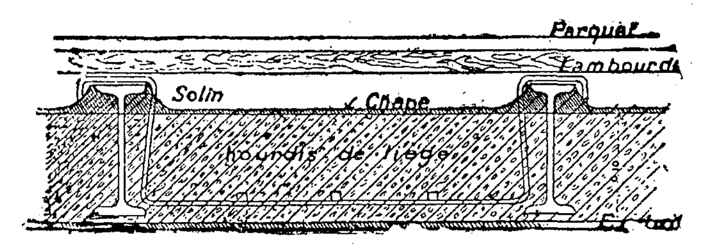


Fig. 199.

Explicación: *Parqaet*, entarimado.—*Lambourde*, durmiente.—*Solin*, nervio de yeso. *Chape*, chapa.—*Hourdis en liège*, forjado de corcho.—*Enduit*, enlucido.

Un metro cuadrado de aglomerado de corcho, con $0^{m},10$ de espesor, no pesa más que 50 kilogramos (en cambio el forjado de yeso y cascote pesa 215 kilogramos). La resistencia de este forjado es de 1.200 kilogramos por metro cuadrado; cuesta á 3,10 francos el metro cuadrado puesto en obra.

La figura 199 representa un piso forjado con aglomerado de corcho aislador; este producto impide la transmisión del ruido y no da paso á la humedad.

El *similicorcho*, cuerpo aislador, sirve para el mismo objeto, lo mismo que los ladrillos de corcho aglomerado.

Algodón mineral.—El algodón mineral, que presenta el aspecto del algodón en rama, se obtiene inyectando un chorro de vapor en las escorias al salir de los altos hornos. Es un material de poco costo, que se emplea en los pisos para interceptar el paso al sonido; es incombustible.

Pisos y otras obras de hierro y de cemento armado.—El empleo simultáneo del hierro y del cemento, puro ó mezclado con arena, gravilla ó piedra machacada, adquiere de día en día mayor desarrollo, á consecuencia de la considerable resistencia y de la economía real de esta clase de construcciones. La adherencia entre el hierro y el cemento es muy grande, y este último protege al hierro contra la oxidación, evitando además los riesgos de incendio. Según Durand-Claye, la carga de aplastamiento del cemento por centímetro cuadrado es de 72 kilogramos, y la resistencia á la tensión inferior á 8 kilogramos por centímetro cuadrado; pero es casi imposible darse cuenta de antemano de la resistencia del cemento armado, porque cada aplicación viene á ser un caso especial.

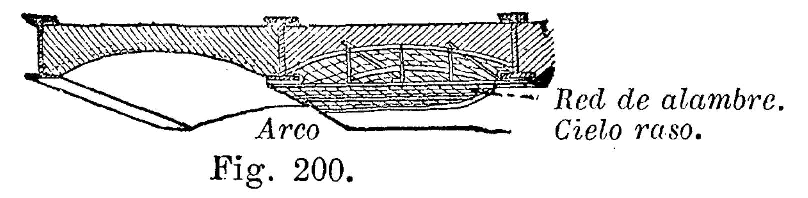


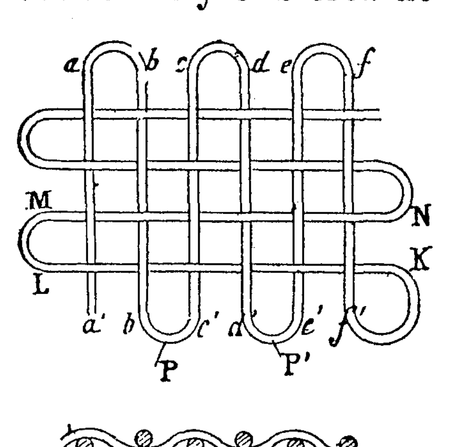
Fig. 200.

Para los cementos de fraguado lento (Portland de Boulogne), después de cinco días de haber fraguado, se han encontrado en algunos experimentos resistencias al aplastamiento de 107 kilogramos por centímetro cuadrado y de 12 kilogramos á la tensión. Después de un mes, estos esfuerzos han llegado á ser de 225 y 17 kilogramos. En cuanto á los hierros de los pisos, su carga de rotura por aplastamiento es de 2.500 á 4.500 kilogramos por centímetro cuadrado, es decir, de 25 á 45 veces mayor que la del cemento. La carga de rotura por compresión es aún mayor. Estas diferencias de resistencia constituyen una dificultad para el enlace de los dos materiales en un piso.

En la estación de Filadelfia, los pisos, los tabiques y los revestimientos de las piezas metálicas son celosías de hierro revestidas de hormigón de cemento.

La figura 200 representa (á la derecha) el caso en que las dos superficies, superior é inferior, del piso son planas. La celosía me-

tálica, rejilla reforzada por barras longitudinales y encorvada en forma de arco escarzano, se apoya en las cabezas inferiores de las viguetas y el hormigón de cemento va colocado encima. El techo está asimismo formado de una armazón metálica sujeta á las viguetas ó reforzada para darle rigidez por un hierro de ángulo longitudinal, ligada á la rejilla superior por tirantes verticales y cubierta de una ligera capa de hormigón ó de yeso.



Figs. 201 á 203.

Cuando en vez de cielo raso se trata de construir bovedillas, se adopta la disposición de la izquierda de la figura 200.

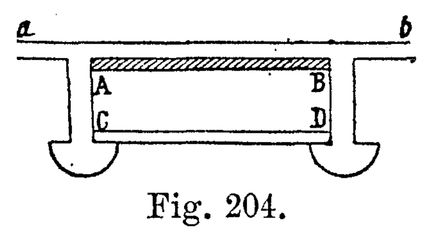


Fig. 204.

Los *tabiques divisorios* se construyen con arreglo al mismo principio; se emplean hierros de ángulo verticales, á los cuales se aplica la rejilla reforzada por varillas horizontales, á distancias de $0^m,19$, y se aplica un revestimiento de hormigón en ambos paramentos; el espesor total es de $0^m,051$.

Los Sres. Ed. Coignet y N. Tedesco han hecho observar que las construcciones en que se emplea una rejilla de hierro ó de acero embebida en un macizo de hormigón se prestan á admitir cualquier forma.

Estas obras, á igualdad de resistencia, exigen espesores más pequeños y son más ligeras que las fábricas. Su reducido peso permite sostenerlas por medio de apoyos menos resistentes. Son elásticas, impermeables y resisten bien á la acción del fuego.

Mr. P. Cottancin forma una cadena con un alambre de hierro ó de acero y teje con esta cadena una trama que constituye una cuadrícula. La tela que así se forma está dotada en todo su con-

torno de lazos que ligan las diversas partes de la red. Estos lazos limitan lateralmente la rejilla, recibiendo una varilla metálica rígida. La rejilla se cubre con una capa de cemento de algunos centímetros.

Para poder aplicar el sistema á obras de grandes luces y capaces de resistir cargas considerables, Mr. P. Cottancin añade nervios ó refuerzos que dividen la superficie inferior en casillas adosadas. Estos nervios están formados por una trama metálica embebida en cemento, pero colocada de canto para resistir á la flexión. La trama vertical de los nervios está ligada malla por malla á la trama horizontal de la placa. Una barra plana corre inferiormente á lo largo de cada refuerzo. Estos nervios constituyen verdaderas vigas de celosía. La celosía embebida en el cemento con los medios de unión ordinarios carece de estabilidad. Por el contrario, con la placa Cottancin (fig. 201), fijada en *ab* y en *ef*, y aplicándose los pesos P, P′ en *b′c′* y *d′e′*, será imposible arrancar las varillas *cc′*, *dd′* sin romper el alambre en *ab*, *b′c′*, *d′e′*, *ef*; así, en el sistema ordinario, el cemento trabaja por compresión y por tensión; en el sistema Cottancin trabaja sólo por compresión, á consecuencia de la supresión de las ligaduras.

Con el sistema Hennebique se necesita un espesor de $0^{m},15$ de cemento y una sección total de hierro de $0^{m2},0012$ para soportar una carga de 1.200 kilogramos, sin que se llegue á alcanzar el límite de elasticidad. Con el sistema Cottancin basta un espesor de $0^{m},032$ de cemento y una sección de hierro de $0^{m2},0004$; con una luz de 1 metro, esta última placa de $0^{m},40$ de ancho y $0^{m},04$ de espesor, con igual sección de metal, soporta en su punto medio 1.220 kilogramos.

En los pisos construídos con arreglo á este sistema se emplean alambres de $0^{m},004$ de diámetro y placas de $0^{m},04$ de espesor, y no se dejan sin nervios de refuerzo intervalos de más de $1^{m},30$. Con esta condición, el arquitecto puede cruzar los nervios según le convenga y obtener techos con combinaciones variadas. En

muchos casos puede bastar este piso sin necesidad de entarimado, de embaldosado ni de relleno alguno; el cemento sirve de pavimento y ofrece la ventaja de poderse lavar con soluciones antisépticas. Si se quiere emplear un entarimado, se pueden incrustar en el cemento, al mismo tiempo que se va colocando, ligeros durmientes junto á la armazón metálica, y sobre ellos se clava el entarimado.

Para evitar la sonoridad de estos pisos, se disponen en los casetones que forman los nervios inferiores placas de yeso de armazón metálica ligera, con una sección igual á la de los casetones (fig. 204). Durante la construcción del piso de cemento, estas placas, sostenidas por tacos de madera que descansan sobre los rebordes de los nervios, ocupan la posición AB; una vez construído el piso se bajan hasta la posición CD; entonces queda una profunda capa de aire encerrada debajo del piso. Las placas CD se pueden pintar ó decorar con adornos de vidrio ó de piezas de cerámica.

El sistema de P. Cottancin se puede aplicar á las techumbres. Basta reemplazar la armadura por una delgada bóveda con nervios. La capa de cemento puede quedar aparente, ó se empotran directamente, á baño de mortero, pizarras, placas de vidrio ó azulejos. Al exterior se dispone un doble tabique análogo al que hemos descrito al tratar de los techos, ó una segunda bóveda de ladrillos de corcho. Se obtienen así techumbres que suministran un aislamiento suficiente del exterior. Las buhardas y vanos practicados en estas bóvedas no las debilitan, porque los tabiques de los costados son nervios que restablecen la resistencia que se pierde á causa del vano.

Los muros se pueden construir de hierro con paralelepípedos de madera, de piedra, de vidrio, betún, pastas cerámicas ó cualquier otro material plástico.

Las construcciones de hormigón de cemento armado del sistema Hennebique pueden ser también muy ligeras. El hormi-

gón que se emplea se compone de 1 metro cúbico de gravilla, 1/2 metro cúbico de arena y 300 kilogramos de cemento de Portland; todo ello bien mezclado, produce 1.300 metros cúbicos de hormigón comprimido, en cuya masa quedan embebidos hierros redondos, revestidos de una capa de hormigón de 0^{m},020 de espesor por lo menos, que los protege contra el fuego.

La viga está constituída por este hormigón, apisonado en un molde de la forma y dimensiones convenientes, con tirantes de hierro embebidos en la parte inferior.

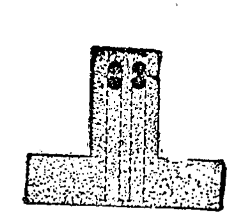


Fig. 205.

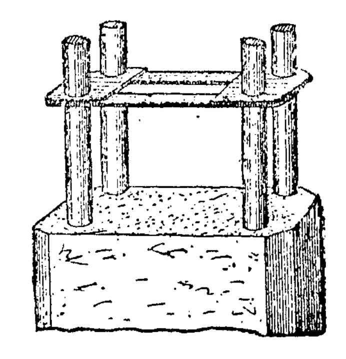


Fig. 206.

La viga maestra A (fig. 207), armada de varios hierros redondos, puede soportar de 5 á 10.000 kilogramos por metro lineal. La vigueta B, armada de 2 ó 3 hierros, puede sostener la mitad de este peso. El forjado C, verdadera viga plana, puede soportar de 200 á 3.000 kilogramos por metro cuadrado.

Mr. Hennebique dispone también en las vigas y viguetas, y á veces en el forjado, tensores de hierros redondos ó barras dobladas que presentan la forma indicada en la figura 205 y que aumenta la resistencia elevándose hacia los apoyos de la viga.

Los pilares, columnas y machones se componen de armaduras formadas por barras verticales reunidas entre sí por placas de arriostramiento (fig. 206).

La casa Hennebique fabrica además pisos de acero y hormigón de cemento de Portland á prueba de incendios; se obtiene así un peso inferior en 25 por 100 al de los pisos de viguetas de hierro, y el costo disminuye también por lo menos en una cuarta parte. Las figuras 208 y 209 representan un piso de esta clase.

La Sociedad de construcciones de cemento armado ha resumido del modo siguiente las aplicaciones más usuales de este sistema:

1.° *Canalizaciones* de grandes y pequeños diámetros, con presiones inferiores á tres atmósferas y de presión superior con tubo interior.

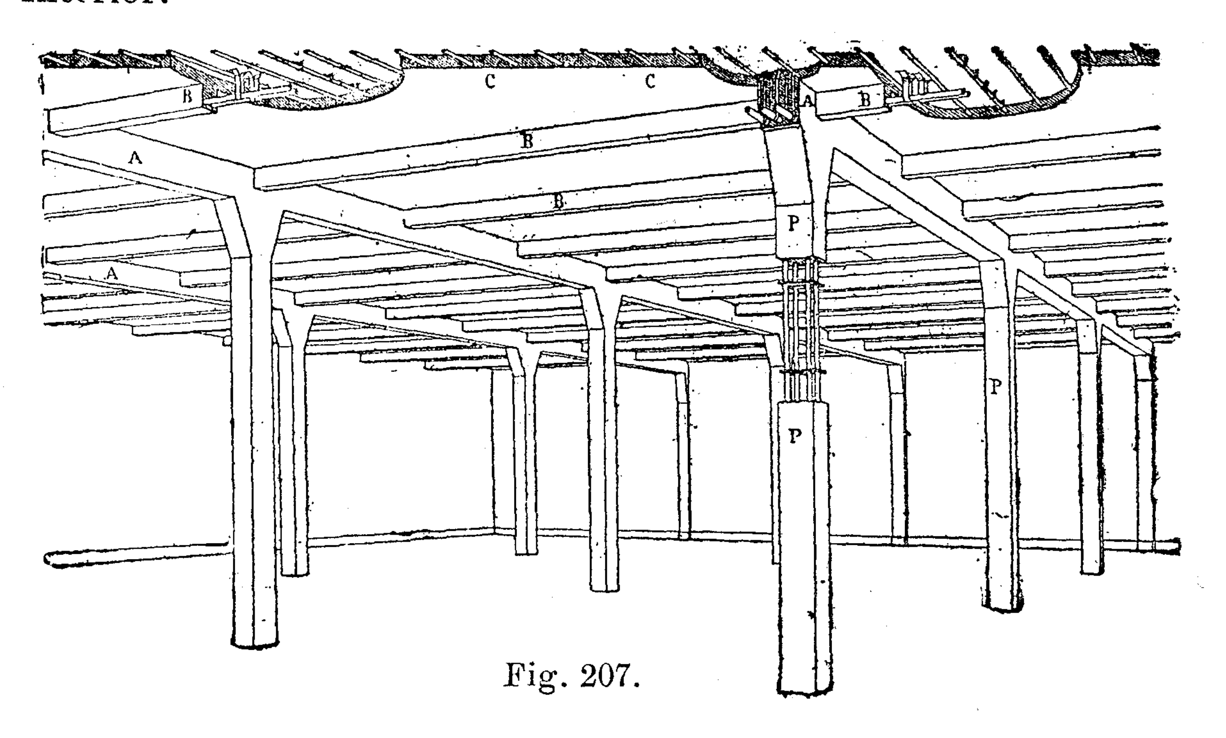


Fig. 207.

2.° Depósitos de cualquier dimensión hasta 5 metros cúbicos ó más de capacidad, cubiertos ó descubiertos.

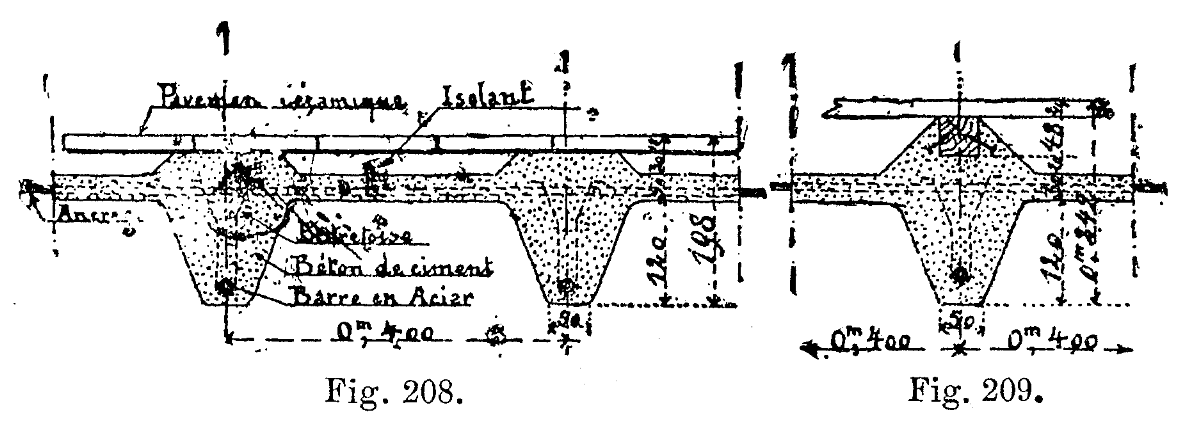


Fig. 208. Fig. 209.

Explicación: *Pavement céramique*, pavimento cerámico.—*Isolant*, aislador.—*Ancre*, amarra.—*Entretoise*, riostra.—*Béton de ciment*, hormigón de cemento.—*Barre en acier*, barra de acero.

3.° Pisos y armaduras de cualquier luz y para cualquier sobrecarga.

El cemento armado puede ser empleado para la construcción de todo un edificio, ó en partes determinadas del mismo, ó bien

servir únicamente para revestimiento de otros materiales. Se le emplea para:

1.° *Cimientos* de zampeado impermeable en terrenos permeables, en forma de bóvedas invertidas para resistir á las subpresiones.

2.° *Avenamientos* ó *drenajes* de sótanos.

3.° *Pisos* de patios para la circulación de vehículos, con losas translúcidas intercaladas que permiten utilizar el espacio inferior.

4.° *Pisos* de edificios, que realizan un arriostramiento perfecto de toda la construcción, con techos decorados ó lisos, con entarimados, mosaicos ó embaldosados, ó sin ninguno de estos accesorios, para fábricas.

5.° *Enlosados de aceras,* pozos ciegos y estanques.

6.° *Muros* de doble pared, planos ó cilíndricos, pilares y columnas.

7.° *Canalizaciones* para la calefacción y la ventilación.

8.° Umbrales, antepechos, escaleras y descansos de escaleras.

9.° Puertas y hojas de ventanas á prueba de incendios.

10. Armaduras, terrazas, azoteas y techumbres de cualquier forma, cúpulas, chimeneas de fábricas, canalones, tubos de bajada de aguas.

Y en general, construcciones é instalaciones completas de lavaderos, baños, incluso los tabiques, las pilas, las cañerías, depósitos de agua, campamentos militares y hospitales, lazaretos, salas de operaciones, hospicios, cuarteles, sanatorios, casinos, teatros, escuelas, almacenes, capillas, iglesias, barrios para obreros, velódromos, pistas para bicicletas y construcciones especiales para las colonias.

Mr. Baudot ha construído una casa en la cual, entre otras disposiciones interesantes, figuran los pisos (figs. 210 y 211) formados por nervios de cemento con ligeras barras de hierro embebidas en su parte inferior; nervios que van de un apoyo á otro según direcciones diagonales, para disminuir las luces de las par-

tes que se apoyan en ellos; sobre estos nervios insiste un plaqueado de cemento armado, el cual, después del fraguado, forma cuerpo con aquellos nervios. Cada placa se halla, no simplemente apoyada, sino empotrada en todo su contorno y posee así una gran resistencia.

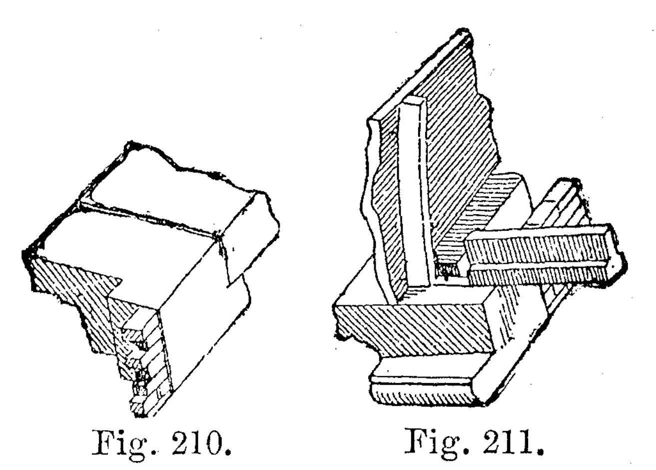


Fig. 210. Fig. 211.

Metal desplegado.— Mr. Golding ha creado un material especial que permite transformar una placa de metal en un sistema de mallas que presenta el aspecto de una celosía. El procedimiento combina los métodos de recortar y estirar el metal de modo que se obtenga el efecto perseguido. La máquina ha sido descrita en la *Revue technique* (número del 25 de diciembre de 1896). La figura 212 muestra una de estas placas metálicas después de su transformación; en su forma definitiva es una verdadera celosía metálica, pero en la cual no hay soldaduras ni ensamblajes remachados.

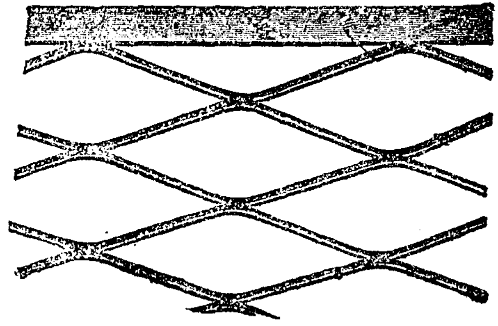


Fig. 212.—Aplicación de la celosía á la construcción de un techo.

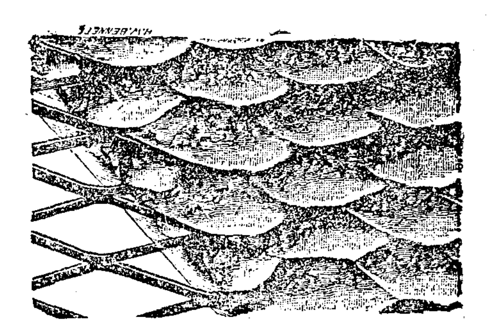


Fig. 213.

La principal aplicación de esta celosía de metal estirado (que llaman *desplegado*), es reemplazar el enlistonado de madera que sostiene el yeso del cielo raso.

La figura 214 da un ejemplo. Se puede utilizar esta celosía ya para cielos rasos, ya para tabiques. En uno y otro caso es prefe-

rible emplear un cemento hidráulico no corrosivo en vez de yeso; se obtienen así tabiques á prueba de incendios, inaccesibles á los insectos y bastante poco sonoros.

Es de observar que, con el nuevo procedimiento propuesto por Mr. Golding, el estirado del metal se produce en los bordes de las mallas, y que, por lo tanto, se puede sustraer á la acción del útil de recortar la porción que se desee de la placa de metal. Se puede así obtener, en los bordes de una celosía metálica, un refuerzo muy eficaz, que tiene importancia en algunas aplicaciones.

La celosía metálica Golding puede constituir la armazón de los muros, tabiques, pisos y techos. Es un medio de aplicar el sistema de cemento armado, constituyendo en este caso la armadura una placa metálica recortada y estirada previamente.

Se han realizado, en 1895, experimentos para averiguar en qué proporciones aumenta la resistencia de un dintel de hormigón por la introducción de una celosía metálica (1). Se empezó por construir, con celosías y sin ellas, dinteles de hormigón compuesto de una parte de cemento, una de arena y dos de grava; se les dió un espesor uniforme de 76 milímetros y dos luces diferentes, de $1^m,066$ y de $1^m,981$; se cargaron estos dinteles con carriles hasta producir la rotura, aumentando progresivamente el peso repartido uniformemente sobre ellos. Se comprobó que la introducción de la celosía multiplica la resistencia por 7 ú 8 en el caso de la luz menor y por 10 ú 11 en el de la mayor. Se aumenta también la resistencia del hormigón forzando la proporción de cemento; pero no se llega más que á duplicar ó á triplicar la re-

(1) En España se ha realizado recientemente, bajo la dirección del distinguido ingeniero de caminos D. José Eugenio Ribera, un interesante experimento de resistencia de un piso de hormigón armado, sistema Hennebique, con motivo de la construcción de la nueva cárcel de Oviedo

Las pruebas se llevaron á cabo en los meses de febrero á junio del año actual, siendo presenciadas por varios ingenieros, arquitectos y ayudantes de obras públicas, que redactaron un acta para hacer constar los resultados obtenidos. El acta se publicó en la *Revista de Obras Públicas*, de donde la reproducimos. Puede verse en el *Apéndice*, al final de este tomo.

(N. del T.)

sistencia, según la luz. Si se comparan las resistencias de los dinteles, que son en realidad elementos de pisos, con las de las bóvedas de hormigón, se encuentra que, representando por 1 la resistencia de la bóveda, la de un dintel de hormigón sin metal es 0,21 para la luz menor y 0,38 para la mayor. La introducción de la celosía hace que crezca la resistencia hasta 0,73 y 1,24 para la celosía en que los huecos de la malla son relativamente mayores

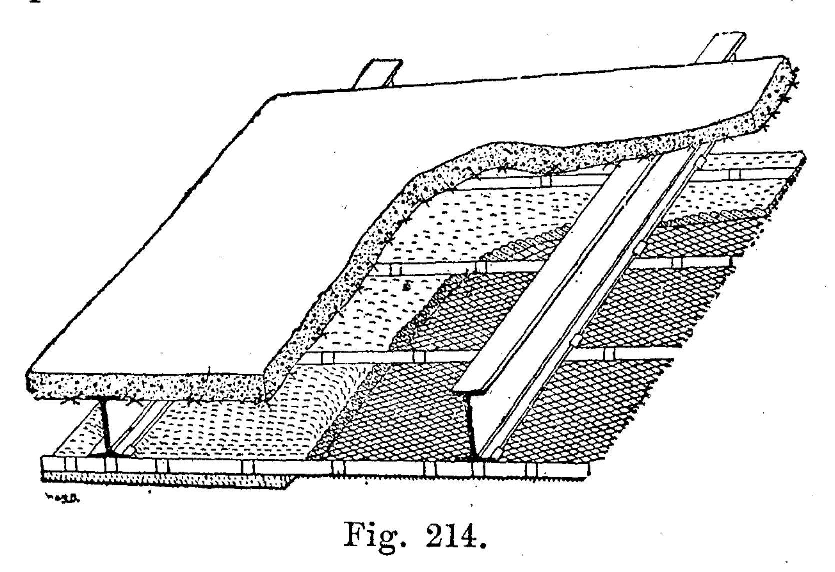


Fig. 214.

y hasta 0,87 y 1,37 para las mallas de menores huecos. Es de observar que las bóvedas que sirvieron para los experimentos presentaban condiciones especialmente favorables á su resistencia, mientras que un piso completo resistiría mejor que sus elementos aislados. En la práctica, el hormigón armado más endeble sería, según esto, sensiblemente comparable á la bóveda de igual luz.

Las figuras 214 y 215 muestran la aplicación de la celosía Golding á los pisos.

Estas celosías se pueden también aplicar á la construcción de cercas de heredades. Su economía y su ligereza las hacen recomendables para esta aplicación. La figura 215 da una idea bastante clara del sistema que habría que emplear para el ensamblaje de la celosía con los postes.

El metal desplegado ó estirado presenta la ventaja, cuando

está al aire, de poder admitir con uniformidad la pintura, sin que haya juntas especialmente expuestas á los efectos de la oxidación. Se ha aplicado este procedimiento principalmente al acero, pero se fabrican también celosías de latón, y el aluminio ha sido objeto de algunas pruebas.

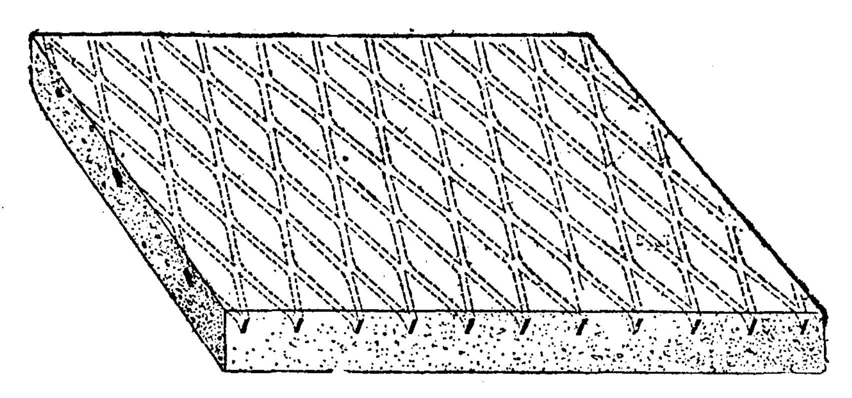


Fig. 215.—Celosía aplicada á los pisos de hormigón.

Distribución económica de las vigas y viguetas en un piso metálico (Esta distribución es también aplicable á los pisos de madera).—Si se puede disponer de la altura de las viguetas, es decir, si el espesor del piso no está limitado por razones especiales, se realizará la economía máxima empleando viguetas iguales y de la mayor altura posible. Esto equivale á decir que se deben emplear los hierros en doble T del mayor modelo compatible con las condiciones de la construcción.

Mas si, por razones de construcción ó de decoración, se adopta un piso compuesto, constituído (figs. 216 á 218) por vigas maestras AB, CD, EF, y viguetas metálicas de menor altura, S, S, S, colocadas perpendicularmente á las vigas maestras, puede haber lugar de investigar una distribución y elección de viguetas (de mayor ó menor altura) que conduzca al coste mínimo.

Así, si se trata de un piso continuo, como sucede en un almacén ó en un taller, siendo dada la luz l de este piso, habrá que determinar la separación l' de las vigas maestras AB, CD, EF, para la cual el gasto es mínimo. A este efecto, se podrá con-

sultar el cuadro siguiente, en el cual las cifras de la primera columna de la izquierda son las diversas luces del piso, variando de metro en metro desde 5 á 20 metros. Las demás columnas del cuadro dan á conocer las separaciones correspondientes de las vigas maestras, teniendo en cuenta las distancias e adoptadas para las viguetas, á saber:

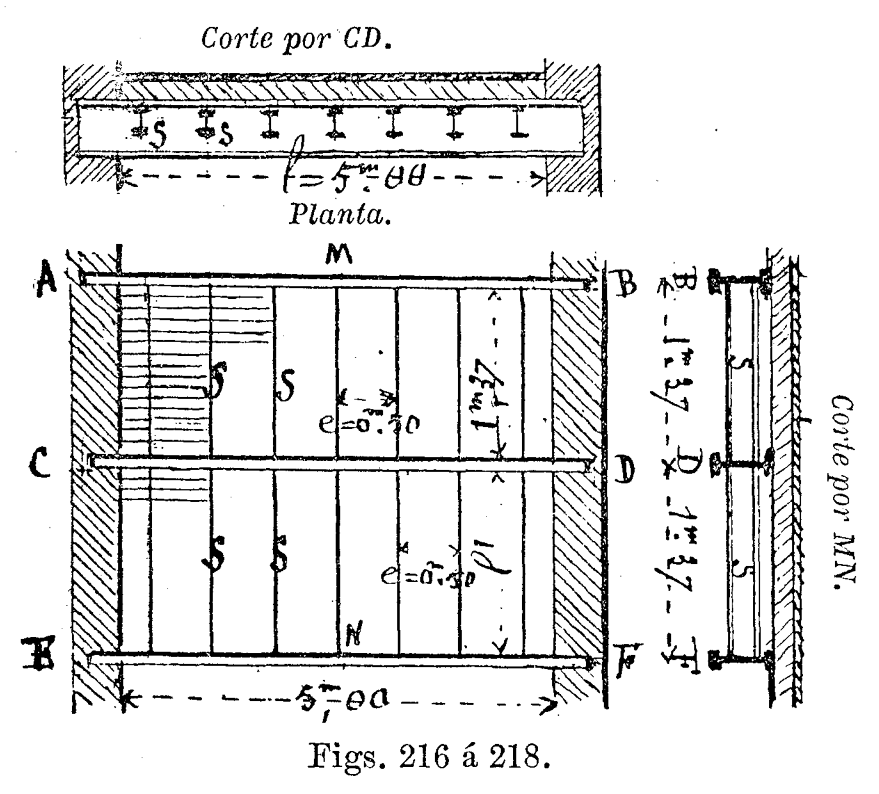
$$e = 0^m,50,\ 0^m,75,\ 1 \text{ metro y } 1^m,25.$$

Cuadro de las separaciones de las vigas y viguetas de un piso de compartimientos.—Distribución económica calculada para distancias entre ejes de las viguetas de $0^m,50$, $0^m,75$, 1 metro y $1^m,25$.

Luz l del piso.	SEPARACIÓN DE LAS VIGAS MAESTRAS PARA DISTANCIAS DE LAS VIGUETAS DE			
	$e = 0^m,50$	$e = 0^m,75$	$e = 1$ m.	$e = 1^m,25$
m.	m.	m.	m.	m.
$l = 5$	$l = 1,37$	$l = 1,49$	$l = 1,58$	$l = 1,65$
6	1,60	1,72	1,82	1,91
7	1,80	1,94	2,06	2,17
8	2,00	2,16	2,29	2,42
9	2,20	2,38	2,53	2,66
10	2,40	2,59	2,74	2,88
11	2,58	2,79	2,96	3,10
12	2,76	3,00	3,18	3,32
13	2,94	3,20	3,39	3,54
14	3,12	3,39	3,59	3,75
15	3,30	3,58	3,80	3.97
16	3,48	3,77	4,00	4,19
17	3,66	3,96	4,19	4,40
18	3,83	4,15	4,39	4.60
19	3,99	4,33	4,59	4,80
20	4,15	4,51	4,78	5,00

Descripción del cuadro precedente. — Las separaciones de las vigas maestras han sido calculadas para cuatro distancias entre ejes de las viguetas, á saber: $0^m,50$; $0^m,75$; 1 metro; $1^m,25$. Así, por ejemplo, para una luz de 5 metros y una separación mínima de $0^m,50$ entre las viguetas, se obtendrá la disposición más eco-

nómica del piso adoptando una distancia de $1^m,37$ entre las vigas maestras. Esta cifra $1^m,37$ se halla inscrita en la segunda columna del cuadro, á la derecha de la luz de 5 metros, que se encuentra en la primera columna de la izquierda. Para separaciones de $0^m,75$, 1 metro y $1^m,25$ entre las viguetas, las distancias entre las vigas maestras serían respectivamente de $1^m,49$, $1^m,58$ y $1^m,65$. Estas separaciones figuran en la primera línea horizontal del cuadro.



Figs. 216 á 218.

Desde el punto de vista de la economía, es decir, para obtener el peso mínimo en un piso metálico ó el cubo mínimo en uno de madera, conviene acercarse todo lo posible á las cifras del cuadro precedente y calcular las secciones de las viguetas que resultan de estas cifras. Este cuadro es aplicable á los pisos de madera compuestos de vigas maestras y viguetas.

Las separaciones pequeñas $e=0^m,50$ y $e=0^m,75$, que figuran en el cuadro, convienen para los pisos de madera; las mayores $e=1$ metro y $e=1^m,25$ se refieren más especialmente á los pisos metálicos.

Observación importante.—Para que el cuadro precedente dé resultados rigurosamente exactos, es necesario que las vigas maestras y las viguetas presenten secciones ó escuadrías de las mismas proporciones. Así, para fijar las ideas, si se trata de un piso de madera, se puede adoptar, para la escuadría de las vigas y viguetas, un rectángulo cuya altura sea doble de la base. Esta proporción, ú otra cualquiera, deberá adoptarse para todas las piezas. De modo que, habiendo adoptado para las vigas maestras una escuadría en la proporción de 1 de base por 2 de altura, será preciso que las viguetas presenten las mismas proporciones, y no se deben formar éstas con piezas de sección cuadrada, por ejemplo, porque procediendo así, el cuadro precedente no sería ya aplicable.

Se podría adoptar la sección cuadrada para las vigas maestras y para las viguetas, pero esta sección es poco usada.

Del mismo modo, en los pisos metálicos, los perfiles de las vigas maestras y los de las viguetas deben presentar proporciones análogas. En una palabra, los dos tipos de vigas y viguetas (madera ó hierro en doble T) no deben ser desproporcionados y de formas notablemente diferentes si se desea aplicar el cuadro precedente (pág. 110). Véanse en nuestro tomo IV de la PEQUEÑA ENCICLOPEDIA PRÁCTICA DE CONSTRUCCIÓN algunos problemas relativos á los pisos de madera, que dan ejemplos de distribuciones económicas de las vigas maestras y viguetas.

Aplicación del cuadro precedente.—Sea un piso continuo de 7^m^,50 de luz, en el cual las viguetas distan entre sí 0^m^,50. ¿Qué separación deben tener las vigas maestras para que el coste sea mínimo?

El cuadro de la página 110 hace ver que á las luces de 7 metros y de 8 metros corresponden separaciones de $1^m,80$ y de 2 metros respectivamente. Según eso, se adoptará para la luz de $7^m,50$ la separación media de $1^m,90$ entre las vigas maestras

siempre que sea aceptable esta disposición en la construcción de que se trata. En todo caso, se obtendrá una solución que se acerca al mínimo del costo adoptando una separación que se aproxime á $1^m,90$ entre las vigas maestras.

Resumimos á continuación las condiciones de la distribución económica de las vigas maestras y de las viguetas de un piso.

Para luces pequeñas de 4 á 5 metros, la economía que resultaría de adoptar un piso compuesto sería insignificante, y la sencillez de la construcción aconsejará siempre adoptar el piso de viguetas, todas iguales. En el caso en que sean grandes las luces es cuando conviene investigar una distribución económica.

La economía de los pisos compuestos ó de compartimientos disminuye á medida que aumenta la separación e entre las viguetas.

Prácticamente, siendo grandes las luces, se pueden adoptar, para constituir las vigas maestras, modelos de dobles T de cabezas anchas, y para las viguetas, hierros laminados ordinarios ó de cabezas estrechas pero procurando que los dos tipos adoptados presenten proporciones análogas.

ARMADURAS METÁLICAS

Armaduras metálicas. —Las armaduras metálicas se adoptan siempre que hay que cubrir grandes espacios, y pueden tener las diversas formas de las armaduras de madera (descritas en nuestro tomo IV) (1).

La inclinación de las vertientes varía con la clase de cubierta que se adopte (véase también nuestro tomo IV) (2). La pendiente de 45° se usa generalmente para las armaduras cubiertas con pizarra ó con teja plana.

Las armaduras de superficies planas comprenden los *coberti-*

(1) Página 76 y siguientes.
(2) Páginas 123 á 128.

zos ó armaduras de una sola vertiente (fig. 230); las armaduras de dos vertientes, que son las más comunes (figs. 219 á 226);

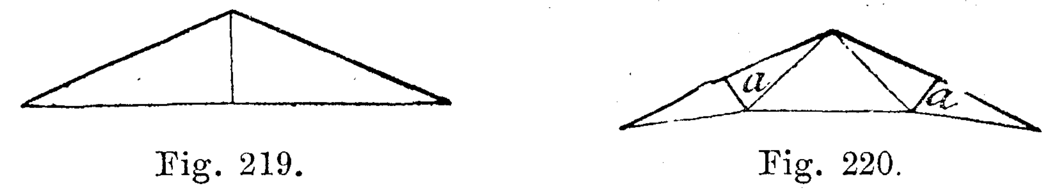


Fig. 219. Fig. 220.

las armaduras con faldones ó petos, que tienen 3 ó 4 vertientes; las armaduras que se cortan ó penetran unas en otras; las

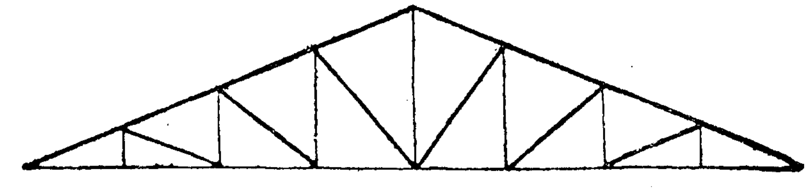


Fig. 221. - Cercha inglesa.

armaduras de pabellón, de pabellón cuadrado, con vertientes iguales y triangulares; las armaduras quebrantadas ó á la Man-

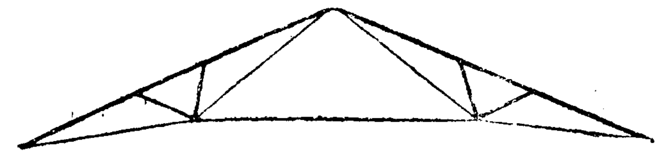


Fig. 222.—Cercha Polonceau de cuatro tornapuntas.

sard; las armaduras de linterna (fig. 225); las armaduras Shed de dos vertientes desiguales, etc. (véase más adelante).

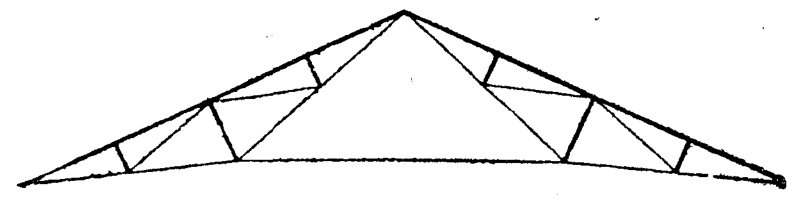


Fig. 223.—Cercha Polonceau de seis tornapuntas.

Las armaduras de superficies curvas, generalmente circulares, comprenden los cobertizos en arco, las armaduras de arco armadas (fig. 228), las de arco carpanel ó apainelado, de medio punto (fig. 229), ojivales y de cúpula (semiesféricas, cuadradas ó poligonales).

Damos diversos ejemplos de los principales tipos de armaduras metálicas (figs. 219 á 229); se encontrarán otros más adelante en este mismo tomo.

Las armaduras metálicas comprenden: 1.°, las cerchas, en cuya composición entran diversas piezas, como los pares, los ti-

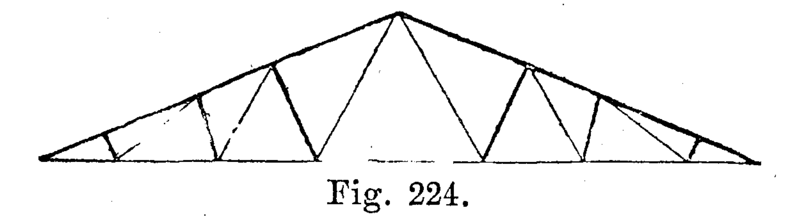


Fig. 224.

rantes, los pendolones, las bielas, los puentes y las tornapuntas; 2.°, las correas (que ligan entre sí las diversas cerchas y son per-

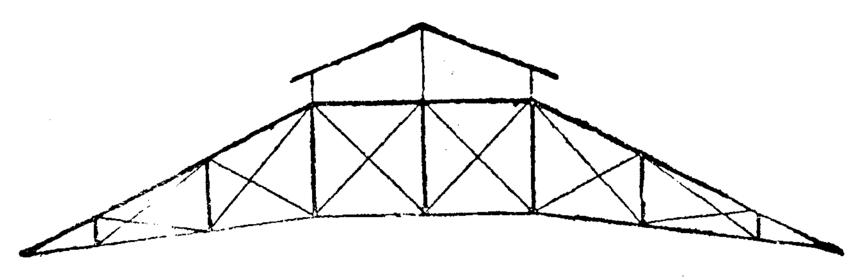


Fig. 225.—Cercha con linterna.

pendiculares á ellas); 3.°, los cabios (colocados paralelamente á las cerchas, apoyándose en las correas); 4.°, un enlistonado (desti-

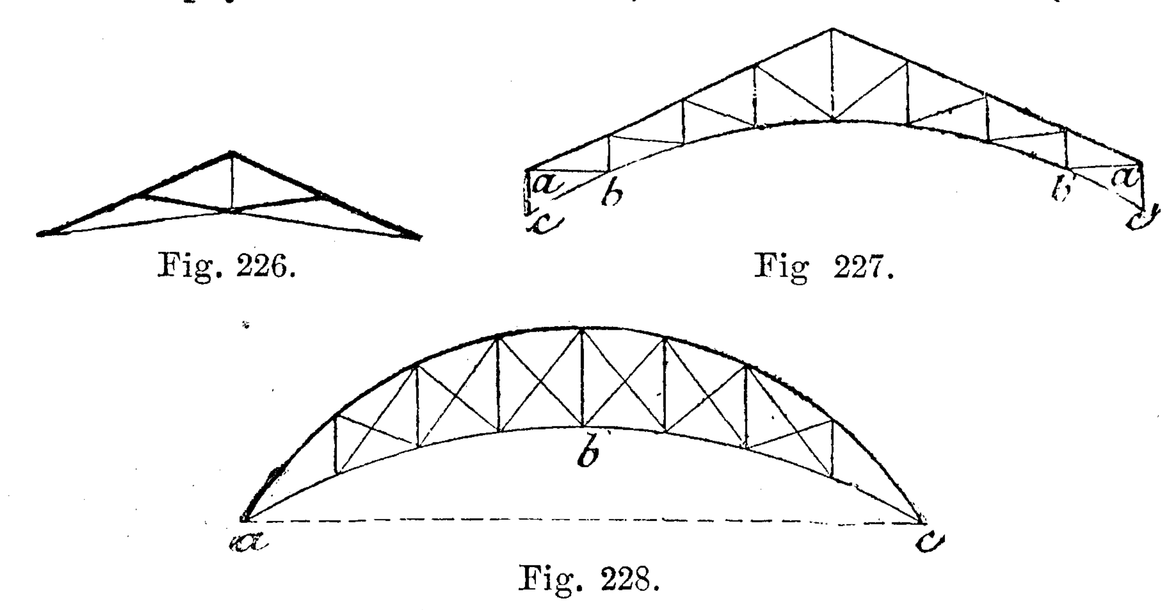


Fig. 226.

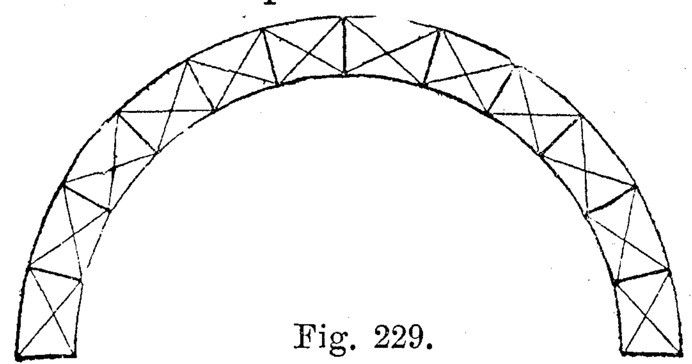
Fig 227.

Fig. 228.

nado á sostener la cubierta de teja, pizarra, etc.), y á veces pares de limatesa (piezas colocadas en los ángulos salientes), pares de lima hoya (piezas de los ángulos entrantes), etc.

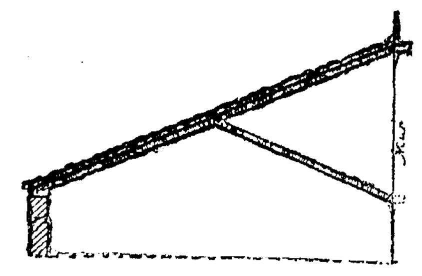
Cobertizo metálico. – Los cobertizos metálicos van fre-

cuentemente adosados á un muro de mayor elevación, y están constituídos, en este caso, por medias cerchas que se empotran en el muro por un lado y se apoyan por el opuesto en otro muro ó en una carrera sostenida por columnas.


Fig. 229.

Las medias cerchas comprenden pares de hierros en doble T, que sostienen las correas, formadas también de piezas en doble T más pequeñas.

Cuando la luz es considerable, se sostiene el punto medio del par por medio de una tornapunta (figura 230), ó se emplea un par cuya sección es de mucha altura relativamente á su luz, con alma de celosía.


Fig. 230.

Los cobertizos se cubren á veces con cristales. En este caso, los cabios son hierros en T sujetos por medio de tornillos á las correas. Cuando la cubierta es de teja, los cabios tienen una separación de $0^{m},80$ á $2^{m},50$; la separación depende de la resistencia del entablonado.

Si se colocan muy próximos los pares de un cobertizo, se pueden suprimir las correas y los cabios.

Marquesinas.—La figura 232 muestra una marquesina compuesta de hierros en T ensamblados por medio de placas de palastro. La canal se fija al hierro en U que constituye la correa del pie de la vertiente.

Armaduras sin cerchas.—Cuando el espacio que se ha de cubrir es pequeño, se empotran simplemente en dos muros en piñón los extremos de la hilera, de las correas y de las carreras,

y sobre estas piezas se apoyan los cabios, que también se pueden suprimir si la cubierta es de zinc ó palastro ondulado.

Se puede también formar una armadura sin cerchas empleando una hilera ó cumbrera bastante resistente, sobre la cual se

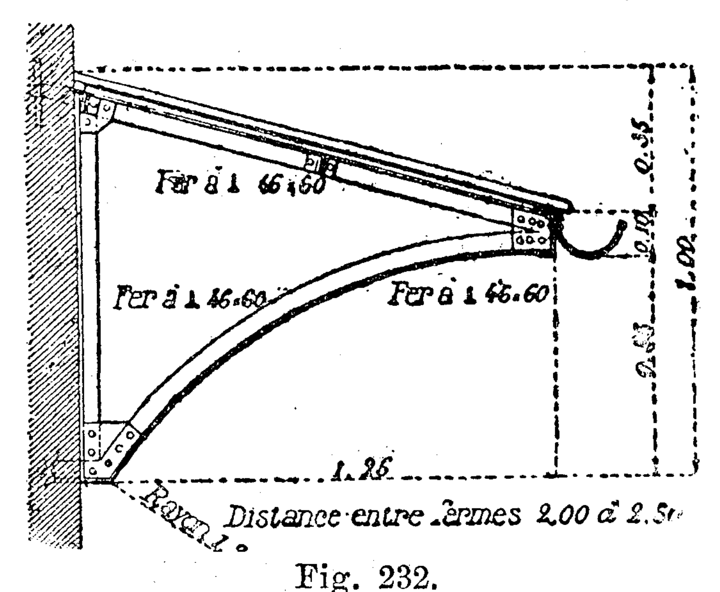


Fig. 232.

Explicación: *Fer à* I, hierro en I.—*Distance entre fermes*, distancia entre las cerchas.

apoyan los cabios por su extremo superior, descansando el inferior sobre una carrera metálica colocada en la coronación del muro (fig. 233) ó ensamblándose á una canal. Los cabios son

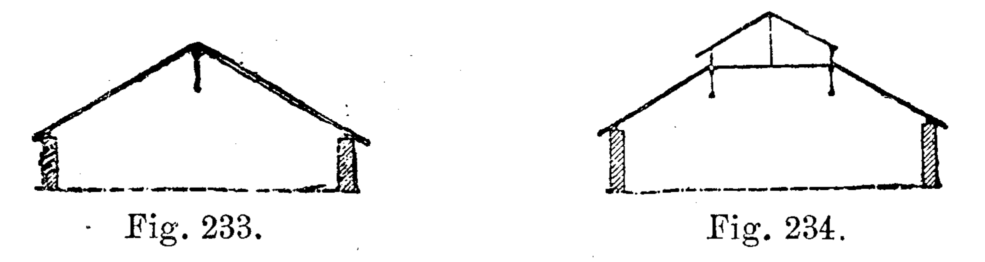


Fig. 233. Fig. 234.

hierros en doble T, ó viguetas de celosía si la luz es grande; para las cubiertas de cristales se emplean como cabios piezas en T.

Las armaduras sin cerchas sostienen una linterna cuando no se puede iluminar y ventilar lateralmente el espacio cubierto, es decir, cuando éste se halla rodeado de muros sin suficientes vanos para este objeto. En este caso (fig. 234) se pueden colocar dos cumbreras en vez de una sola, separadas á una distancia

igual á la luz de la linterna y arriostradas entre sí; empótranse por sus extremos en los piñones, y sostienen, de metro en metro, montantes verticales en que se apoyan las carreras de la linterna; los montantes que sostienen la hilera de la linterna toman su punto de apoyo sobre las piezas del enrayado que forma el arriostramiento de las dos hileras en que se apoya la linterna; los cabios del encristalado se apoyan sobre la hilera de la linterna y sobre las carreras, sobresaliendo algo respecto á ellas.

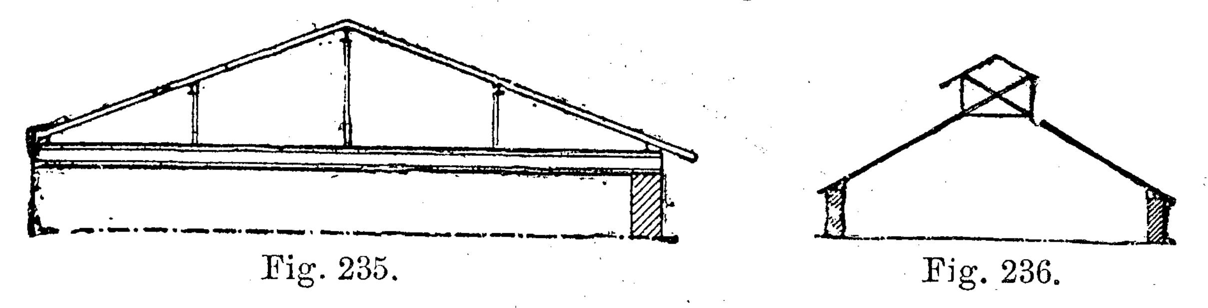


Fig. 235. Fig. 236.

Se pueden evitar los montantes empleando dos vigas de suficiente altura para obtener la elevación que ha de tener la linterna.

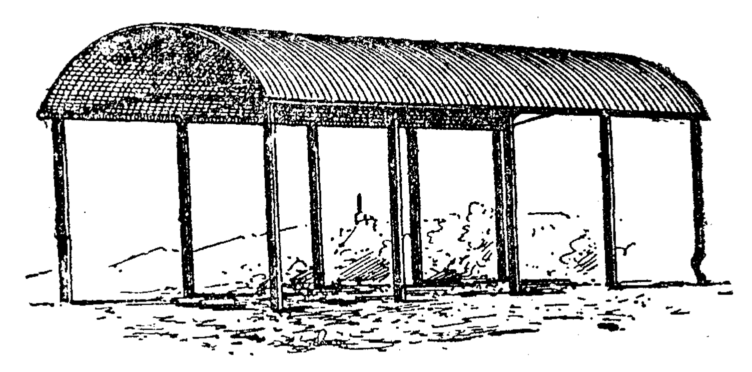


Fig. 237.

Las armaduras sobre vigas transversales sin cerchas se emplean cuando el espacio que se ha de cubrir es muy largo relativamente al ancho. Colócanse de 3 en 3 ó de 4 en 4 metros, por término medio, hierros en I ó viguetas compuestas, sobre las cuales se apoyan unos montantes (fig. 235). El montante del centro sostiene la hilera y los otros las correas, que se colocan á distancias de $0^{m},80$ á $1^{m},90$. Se suprimen los cabios.

Las armaduras entre muros muy sólidos pueden establecerse

por medio de dos planos inclinados formados por hierros en doble T, ensamblados en el caballete por medio de chapas de palastro; las correas se ensamblan con los pares cosiendo las almas por medio de hierros de ángulo, ó se colocan encima sujetándolas también con escuadras.

Las armaduras sobre muros, compuestas de cabios con linterna, no pasando la luz de 8 metros, se pueden construir con dobles hierros de ángulo acoplados y cruzados para formar la linterna (fig. 236). Se suprime la hilera; dos correas compuestas de cantoneras sostienen los montantes y la cubierta.

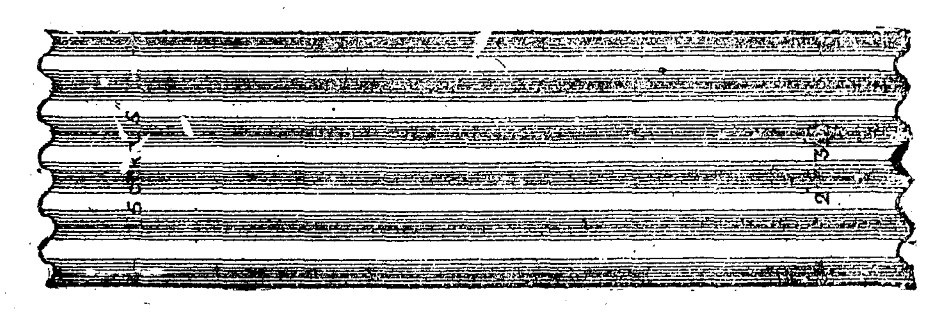


Fig. 238.

Constrúyense en Inglaterra armaduras constituídas por la cubierta de *palastro ondulado* sin tirantes, apoyadas en muros sólidos. Pero el palastro ondulado se usa mucho más para formar cubiertas de arco escarzano para tinglados, con tirante y pendolón. Se encorvan las chapas de palastro ondulado y se empalman roblándolas; dispónese en la generatriz más alta una hoja montada sobre las dos vertientes para evitar que penetre el agua.

La figura 237 muestra una armadura de palastro ondulado y galvanizado, y la figura 238 representa una hoja de él.

Fórmanse también paredes verticales y se han construído casas y edificios completos con palastro ondulado.

El recubrimiento de las hojas de palastro es inversamente proporcional á la inclinación.

Los recubrimientos mínimos son de 4 centímetros para una

inclinación de 45°, ó de 100 por 100; 6 centímetros para 35°, ó 70 por 100 de pendiente; 8 centímetros para 25°, ó 48 por 100; 10 centímetros para 10 á 15°, ó 17 á 28 por 100 de pendiente.

Proporciones de las armaduras de hierro.—Se prefieren las armaduras metálicas á las de madera cuando son grandes las luces; son ligeras y resisten bien al fuego. En las construcciones pequeñas, los pares son generalmente de sección rectangular (hierros planos del comercio, cuyo espesor es un quinto del ancho); en las construcciones más importantes, los pares llevan nervios y son hierros en doble T ó en ⊔; para grandes luces y cargas considerables, son verdaderas vigas de alma llena de palastro ó de celosía sencilla ó múltiple. Los pares son muchas veces hierros en ⊔, en cuyo hueco penetran los extremos de los tirantes y de las tornapuntas.

Los tirantes, sometidos á esfuerzos de tracción, son cilindros de pequeño diámetro ó prismas de sección rectangular (para facilitar la colocación de un piso que se apoya en ellos algunas veces). Las piezas tendidas son las más veces barras planas.

La separación de las correas varía generalmente, en las armaduras de hierro, entre $1^{m},50$ y 2 metros. Se ensamblan con los pares por medio de escuadras robladas ó sujetas con pasadores; son, como piezas comprimidas, simples hierros de ángulo, á veces hierros en simple T ó barras planas, en las construcciones pequeñas, y hierros en doble T ó vigas de palastro de alma llena ó de celosía, en las armaduras importantes.

Las tornapuntas que soportan grandes esfuerzos de compresión son hierros de sección circular ó cruciforme ensanchada hacia el centro, formada de hierros de ángulo y chapas planas robladas entre sí; se hacen también de fundición en forma de bielas

Las armaduras construídas con hierros sencillos del comercio son muy económicas para los grandes talleres en que no son de temer los vapores oxidantes.

Proporciones de las armaduras de hierro para luces pequeñas.

	CERCHAS SIN TORNAPUNTAS			CERCHAS CON TORNAPUNTAS		
	m.	m.	m.	m.	m.	m.
Luz..	6	8	10	12	14	16
Altura.	1,20	1,60	2	2,40	2,80	3,20
Separación de las cerchas.	3,50	4	5	5	5,50	6
Par..	I de 160 m/m.	I de 180 m/m.	I de 220 m/m.	I de 160 m/m.	I de 200 m/m.	I de 220 m/m.
Correas	I de 120 m/m.	I de 140 m/m.	I de 150 m/m	I de 160 m/m.	I de 260 m/m.	I de 280 m/m.
Tirante..	hierro redondo de 18 m/m.	hierro redondo de 26 m/m.	hierro redondo de 29 m/m.	hierro redondo de 32 m/m	hierro redondo de 37 m/m.	hierro redondo de 41 m/m.
Tirante superior.. . . .	»	»	»	hierro redondo de 12 m/m.	hierro redondo de 14 m/m.	hierro redondo de 15 m/m.
Tirante inferior.	»	»	»	hierro redondo de 35 m/m.	hierro redondo de 39 m/m.	hierro redondo de 43 m/m.

La armadura de madera del picadero de Moscou tiene 40 metros de luz; es el límite de las luces para las de madera. El Palacio de las Máquinas construído para la Exposición universal de 1889, que es de hierro, tiene 110 metros de luz.

En las **armaduras mixtas de madera y de hierro**, las piezas sometidas á tensión son de hierro forjado ó laminado; las expuestas á la compresión ó á la flexión, generalmente de madera, y algunas de las que trabajan por compresión, de hierro colado. Los arriostramientos son las más de las veces de hierro; las correas, las hileras y los cabios, de madera. Estas armaduras son ligeras, económicas y fáciles de construir.



Fig. 239.— Corte de una tornapunta de fundición.

Cerchas diversas.—La cercha con tirante y pendolón (figura 240, suprimiendo la linterna) se compone solamente de dos pares, de un pendolón y de un tirante. Con este tipo no se puede pasar de 10 metros de luz. La cubierta puede ser de zinc (en este caso las cerchas distan entre sí $3^{m},80$) ó de teja (con separación de 5 metros entre las cerchas).

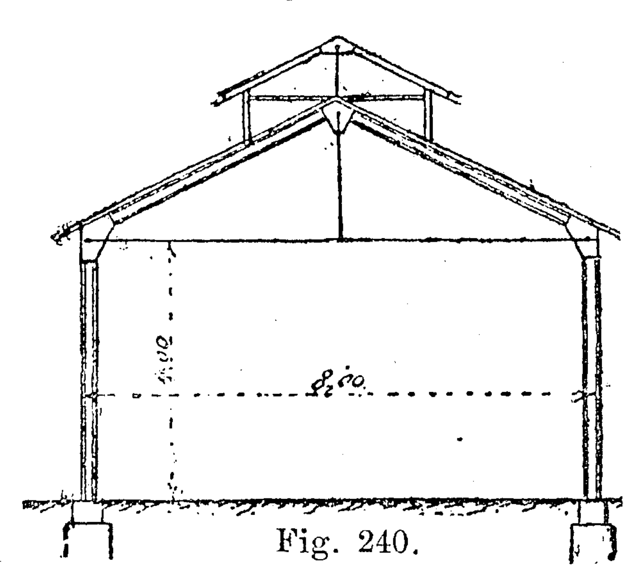


Fig. 240.

Las figuras 241 y 242 representan una cercha para la principal nave de un mercado, construída por la Sociedad de construcciones económicas.

El ensamblaje de las cerchas de tirante y pendolón en el caballete está constituído (fig. 243) por la reunión de los dos pares por medio de dos gruesas cartelas ó cubrejuntas, recortadas en la forma conveniente, ó de cuatro placas delgadas, dos de las cuales sujetan el pendolón.

Las correas se ensamblan generalmente á los pares por medio

de hierros de ángulo sujetos á los pares con pasadores que los atraviesan por el alma.

El ensamblaje del tirante con el par, en el apoyo de la cercha

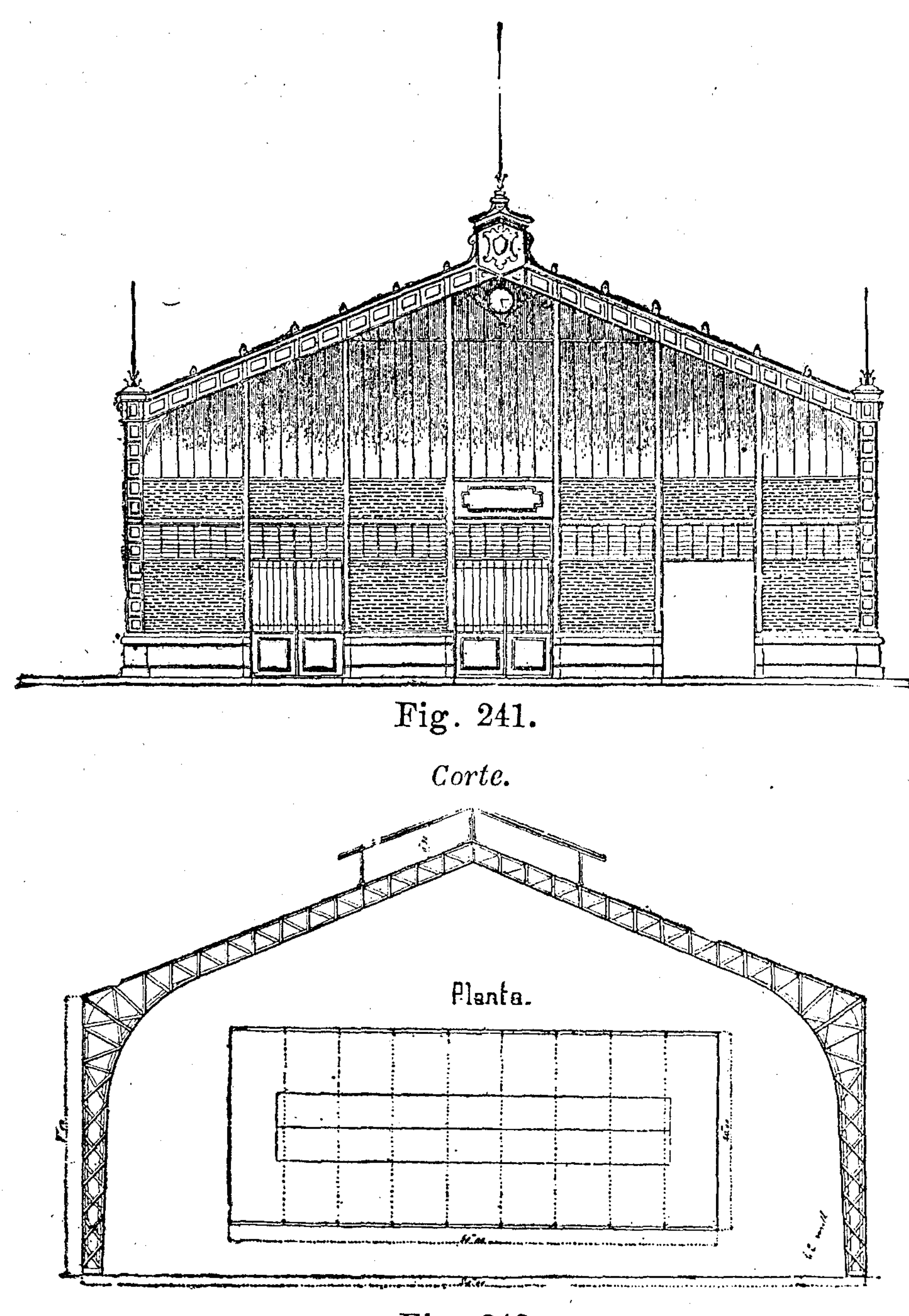


Fig. 241.

Corte.

Fig. 242.

(figura 244), comprende un estribo formado de una ó dos piezas (cuyas secciones sumadas deben presentar siempre, en el punto más débil, una área superior ó igual por lo menos á vez y media la del tirante). La cercha de la figura 240 puede reforzarse aña-

diendo un *puente* ó *falso tirante* (fig. 245), lo cual permite suprimir las tornapuntas hasta 20 metros de luz.

Las cerchas llamadas *poligonales*, coronadas por una linterna, están formadas de dos partes inclinadas y de una parte horizontal; se completan con un tirante sostenido en dos de sus pun-

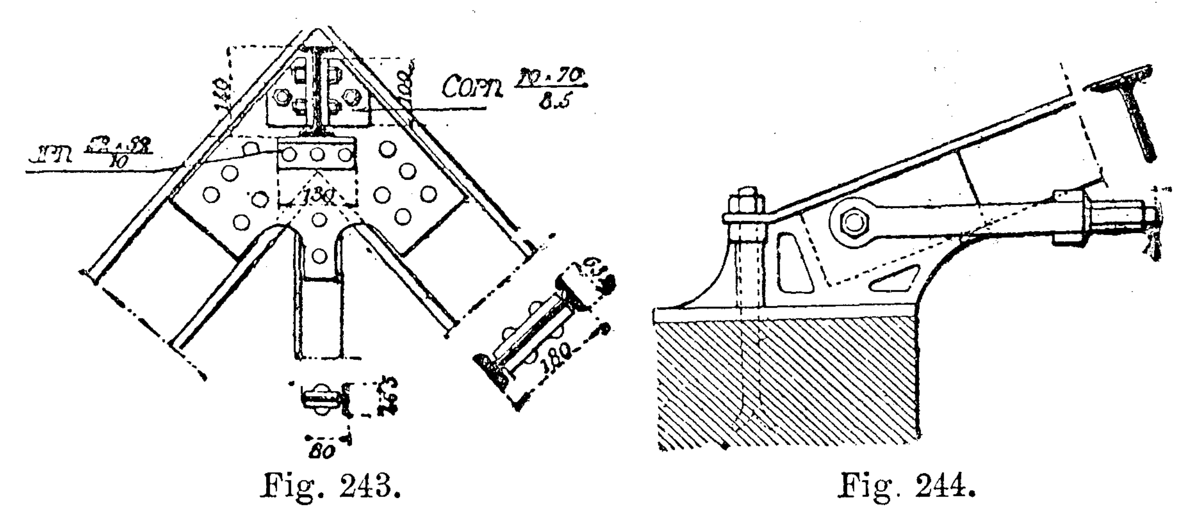


Fig. 243. Fig. 244.

EXPLICACIÓN: *Corn*, cantonera.

tos por péndolas (fig. 246). Las cerchas poligonales se construyen con vigas de palastro de alma llena ó de celosía, ó con hierros laminados de doble T.

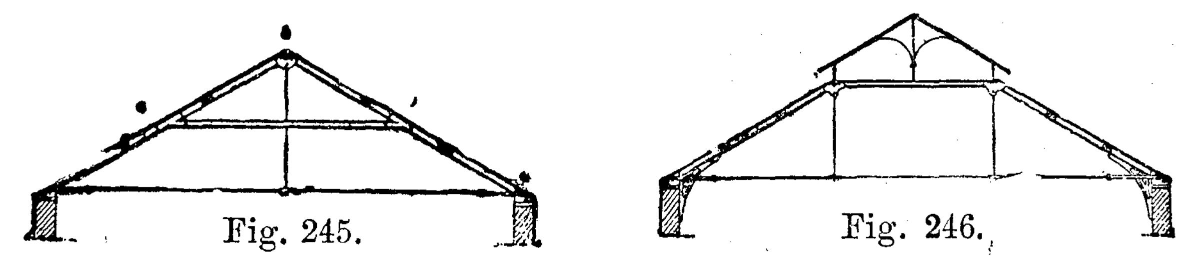
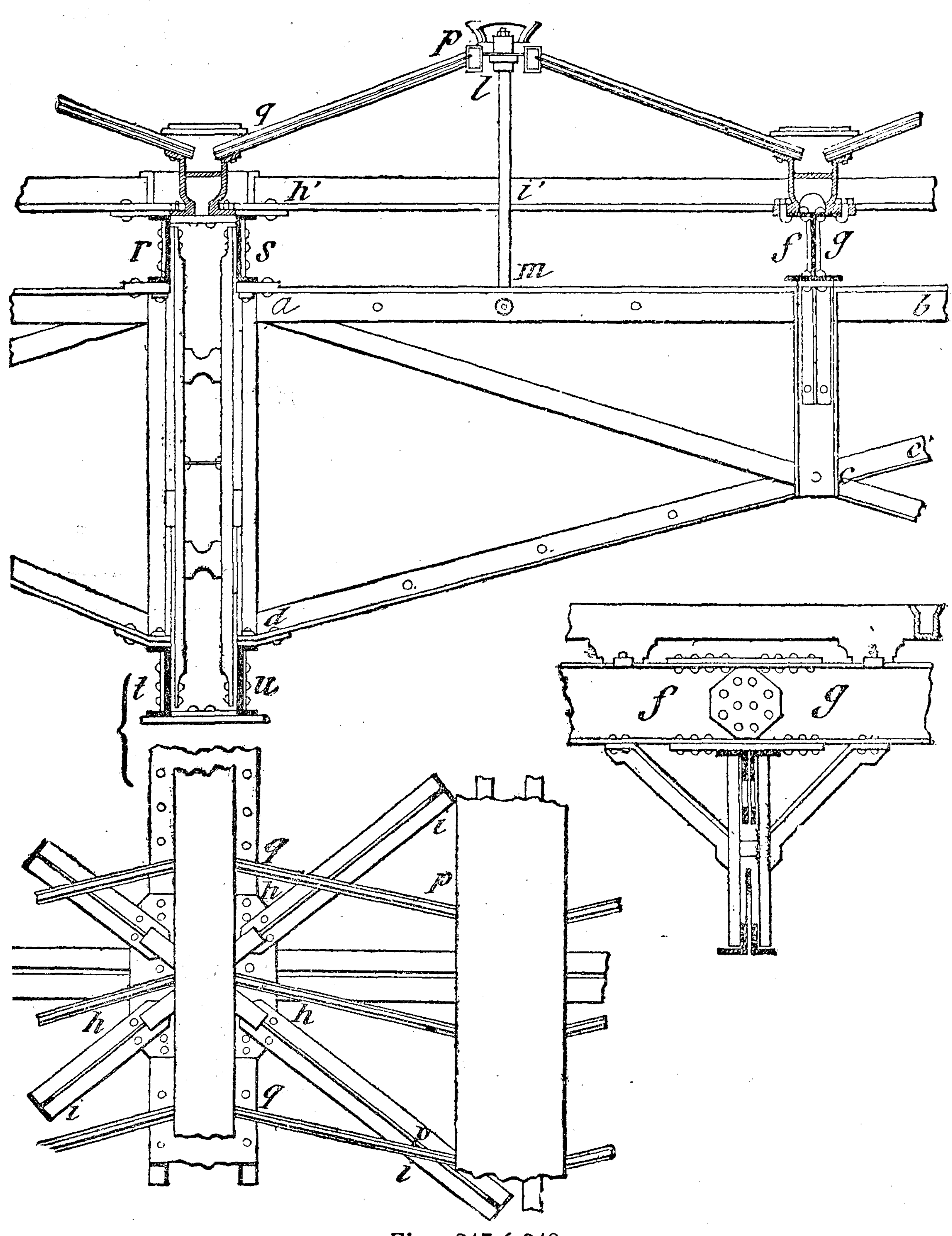


Fig. 245. Fig. 246.

Las figuras 247 y 255 muestran un tipo de cercha cuyas disposiciones y ensamblajes quedan suficientemente explicados en las figuras de detalle.

Cerchas Polonceau.—Las cerchas Polonceau, cuyos esquemas hemos dado ya (figs. 222 y 223), y de las cuales damos ejemplos detallados (figs. 258 y siguientes), pueden ser mixtas de madera y hierro, siendo de madera los pares, las tornapuntas y los postes, y todo el resto de hierro.

La cercha Polonceau es una verdadera viga armada, compuesta



Figs. 247 á 249.

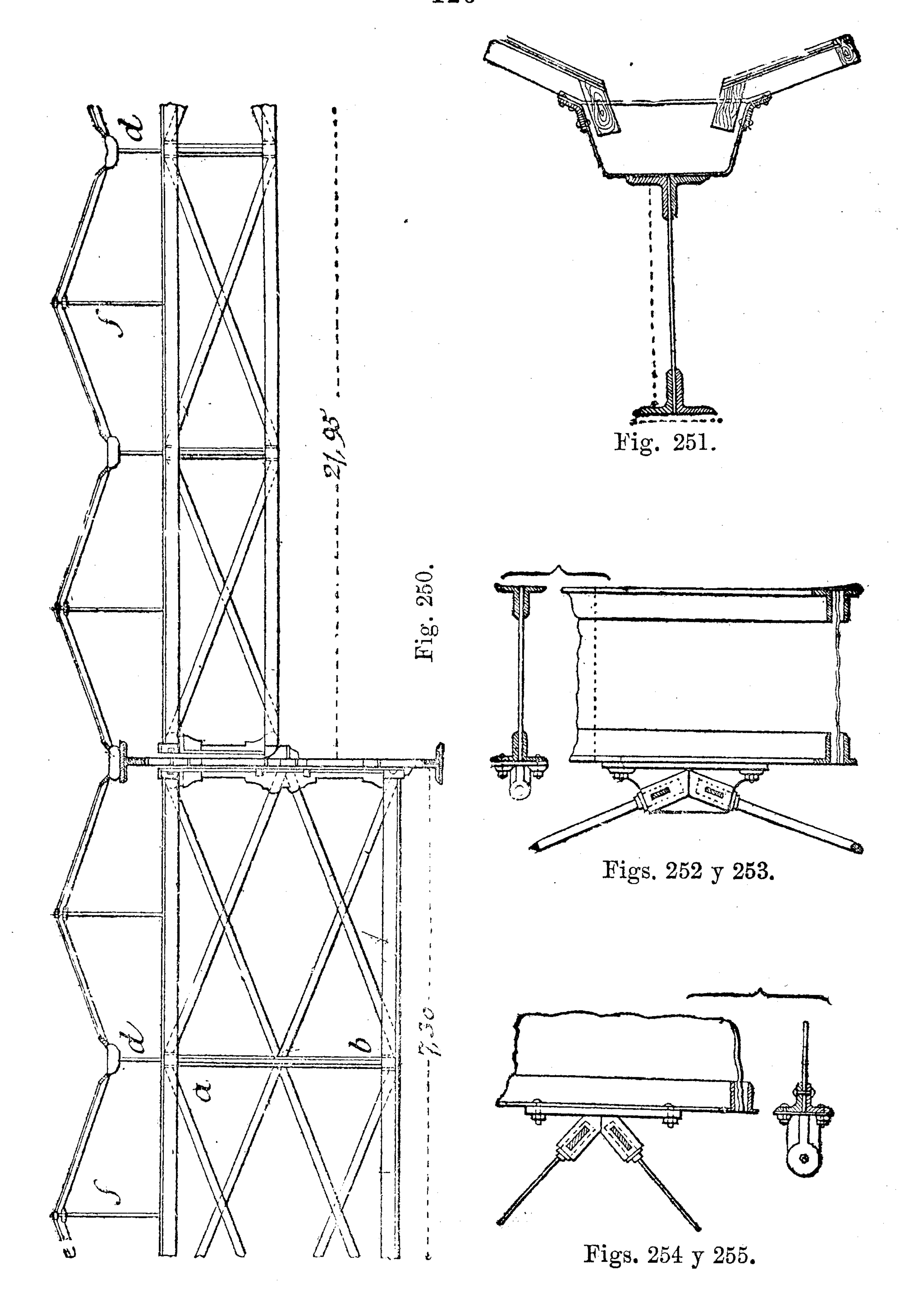


Fig. 250.

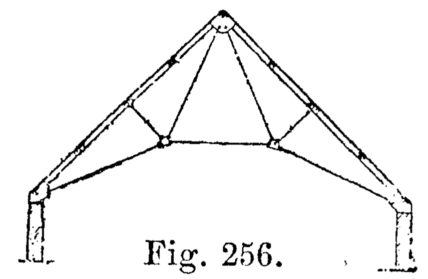
Fig. 251.

Figs. 252 y 253.

Figs. 254 y 255.

de dos pares aliviados por tornapuntas de fundición en forma de bielas, sostenidas por su extremo inferior con tensores de hierro. Estas cerchas se colocan generalmente con una separación de 3^m,50, por término medio.

En este sistema se disminuye el empuje hacia afuera aumentando la pendiente de las vertientes; se pueden construir, por lo tanto, armaduras muy ligeras, haciéndolas muy peraltadas (fig. 256).


Fig. 256.

La cercha con dos tornapuntas ó bielas (fig. 258) conviene para todas las luces; pero á fin de disminuir, cuando son estas últimas muy grandes, la sección y el peso de los pares, se puede emplear la cercha de seis tornapuntas (fig. 269).

El par de las cerchas Polonceau puede ser un hierro en simple T para las luces pequeñas, en doble T para las medianas y de viguetas compuestas con alma llena ó de celosía para las grandes.

Las bielas ó tornapuntas son las piezas que tienden á ser levantadas por los tirantes y sostienen el par en su punto medio ó en tres de sus puntos. Las bielas se hacen generalmente de fundición; se les da la forma de cruz, ensanchada frecuentemente hacia su punto medio; sus extremos llevan unas molduras que forman anillos y terminan en unas espigas perforadas que se introducen entre dos placas de ensamblaje, á las cuales se fijan por medio de un pasador. Las bielas se apoyan además sobre las placas de ensamblaje por el reborde que forma el anillo moldurado.

Constrúyense también tornapuntas con hierros laminados de sección en forma de cruz con dos hierros en T adosados, ó con cuatro hierros de ángulo (figs. 274 y 275), interponiendo placas de relleno para facilitar el ensamblaje.

Los estribos son de diversas formas. El estribo ordinario (figura 321) es una barra de hierro encorvada en forma de U muy

alargada, con un ojo en la rama transversal de la ⊔ y un agujero en los extremos de las otras dos ramas. Fórmase también con dos placas perforadas, como en el caso precedente, y soldadas por el otro extremo á una masa que lleva un agujero.

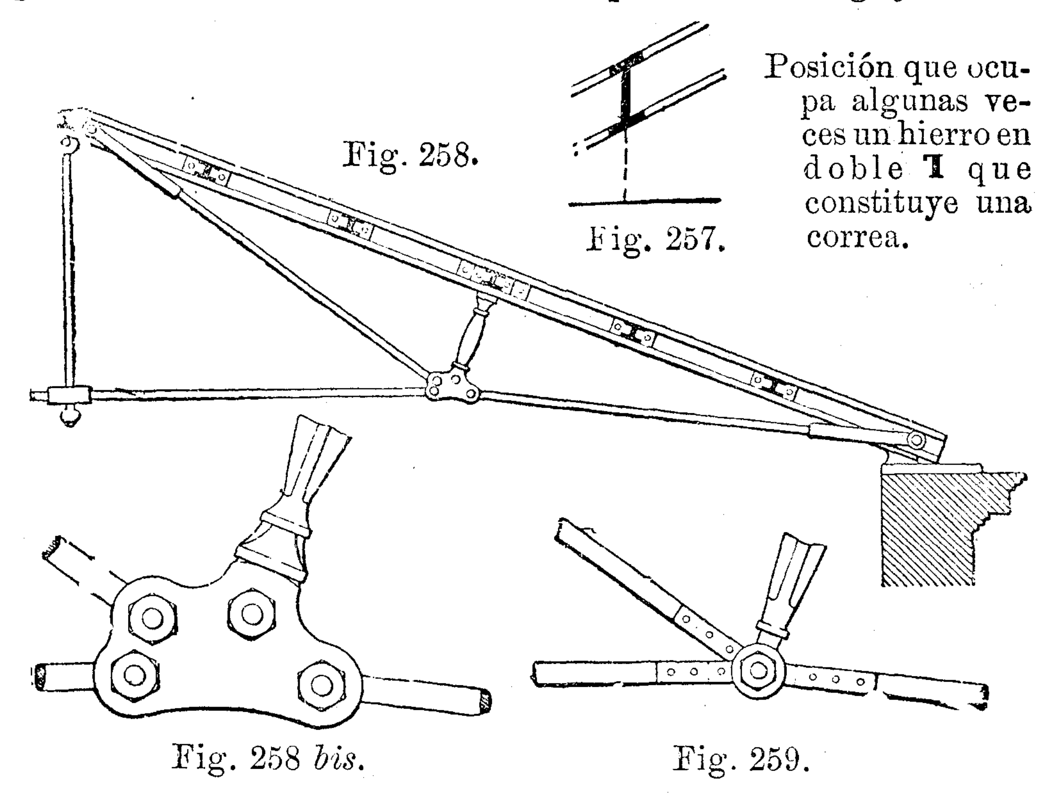

Fig. 258.

Fig. 257.

Posición que ocupa algunas veces un hierro en doble T que constituye una correa.

Fig. 258 *bis*.

Fig. 259.

El estribo se coloca en el apoyo ó en el caballete, abrazando sus dos ramas al par; introdúcese el tirante, cuyo extremo está fileteado, por el tercer agujero y se sujeta con una tuerca entre las dos ramas del estribo, que forman horquilla.

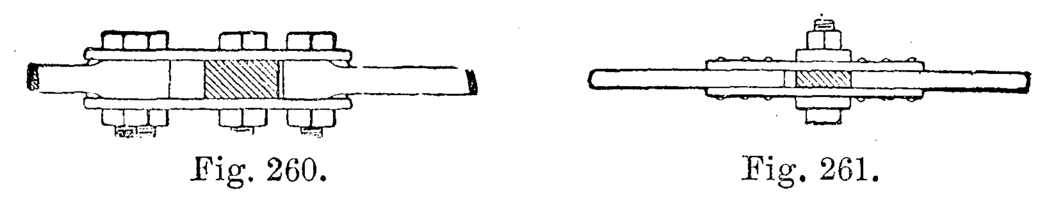

Fig. 260.

Fig. 261.

El estribo más sencillo es el formado por dos piezas de hierro que llevan en los extremos unos discos forjados. Las dos piezas que componen el estribo se colocan á ambos lados del par; el espacio que queda entre las ramas del estribo y el alma, á causa del resalto de las cabezas del par, se rellena con chapas en forma de arandelas; todas estas piezas se sujetan con pernos.

Las placas de ensamblaje (figs. 258 *bis* y 274), que reciben las bielas y los tirantes, son de palastro grueso (de 25 milímetros ordinariamente).

La figura 258 es una cercha Polonceau con dos tornapuntas y pendolón. Las figuras 258 *bis* y 260 dan los detalles de la articulación de la biela y de los tirantes; las figuras 256 y 261 muestran otro sistema de articulación; las figuras 262 y 263 son detalles de la unión del pendolón con el tirante horizontal; las

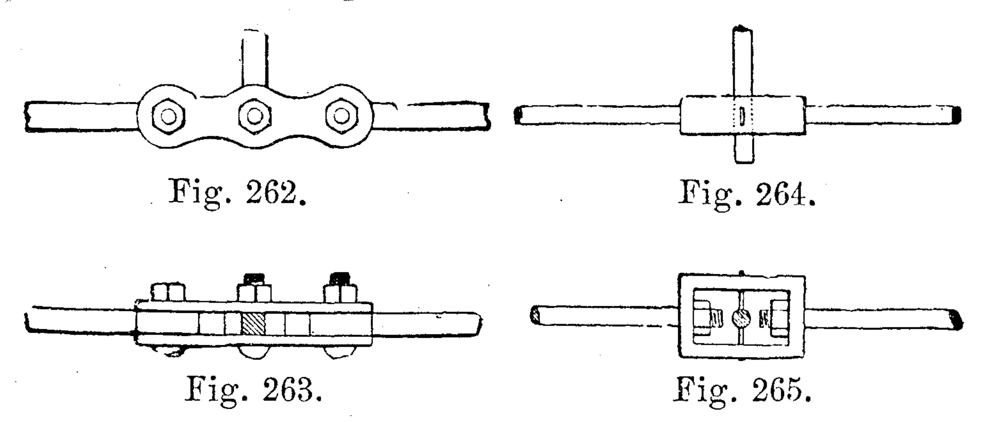


Fig. 262. Fig. 264.

Fig. 263. Fig. 265.

figuras 264 y 265 representan otra disposición del mismo ensamblaje, que permite templar el tirante; las figuras 267 y 268 son detalles del cojinete de apoyo, de hierro forjado; la figura 266 es un cojinete de fundición.

Las figuras 269 á 280 representan una cercha Polonceau de seis tornapuntas con todos sus detalles.

Las figuras 281 á 321 representan una cercha Polonceau de hierro, coronada por una linterna con todos sus detalles.

Los tirantes de las cerchas Polonceau son de hierros redondos con un ojo en cada extremo ó con los extremos fileteados.

Añádese á veces un *templador* para poder regular la tensión de los tirantes; es una especie de estribo doble, cuyos ojos son tuercas fileteadas en sentido contrario (fig. 265); por consiguiente, todo movimiento de rotación del templador aproxima ó aleja los dos trozos del tirante empalmados por aquella pieza y permite aumentar ó disminuir la tensión. El pendolón desciende verticalmente y pasa por el hueco del templador, sujetándose

por debajo con un perno ó con una tuerca que se fija á su extremo, fileteado en este caso.

Los dos pares de una cercha se cortan según el ángulo conveniente, y se ensamblan por medio de fuertes placas que se aplican á las almas y rellenan el resalto de las cabezas.

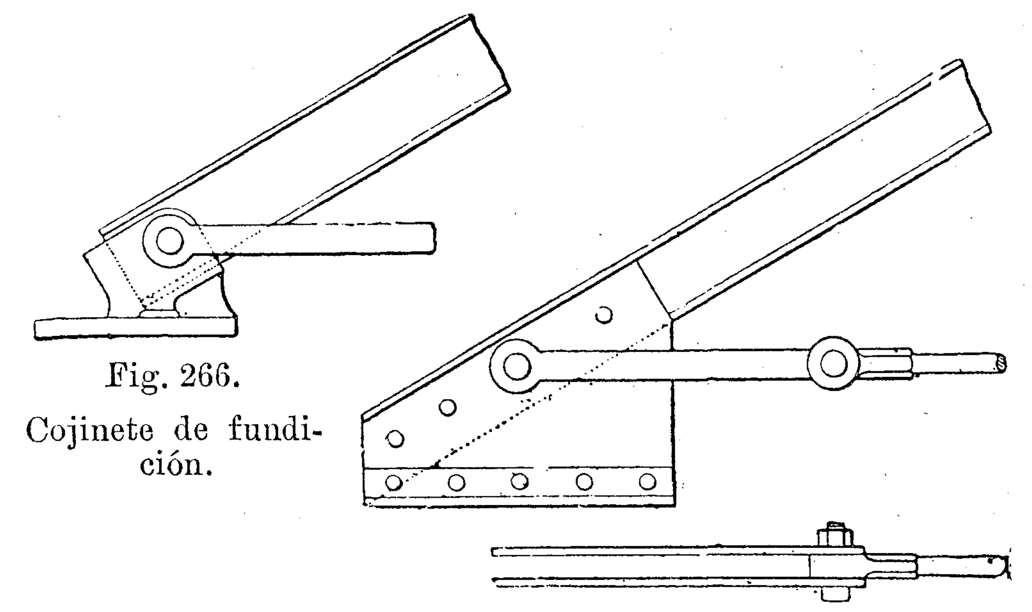


Fig. 266. Cojinete de fundición.

Figs. 267 y 268.—Cojinete de hierro y estribo.

La cumbrera lleva generalmente dos fuertes cantoneras que se ensamblan con pasadores á los pares, atravesando las placas de relleno y las almas de éstos.

La placa cubrejunta se sujeta por seis ú ocho pernos (tres ó cuatro á cada lado); en el agujero central se fija el perno que sujeta los estribos de los tirantes (figs. 273 y 318).

Intercálase entre estos últimos y la placa de ensamblaje una arandela que rellena el hueco correspondiente al resalto de la cabeza de la **I**.

El ensamblaje en el apoyo ó arranque de la cercha puede hacerse sobre un poste de hierro ó sobre una columna de fundición; dos placas de palastro encepan en el primer caso al poste y al par.

En caso de que el apoyo sea un muro, se emplea un cojinete de hierro (que sirve para repartir el esfuerzo transmitido por el par al muro), compuesto de dos fuertes escuadras unidas

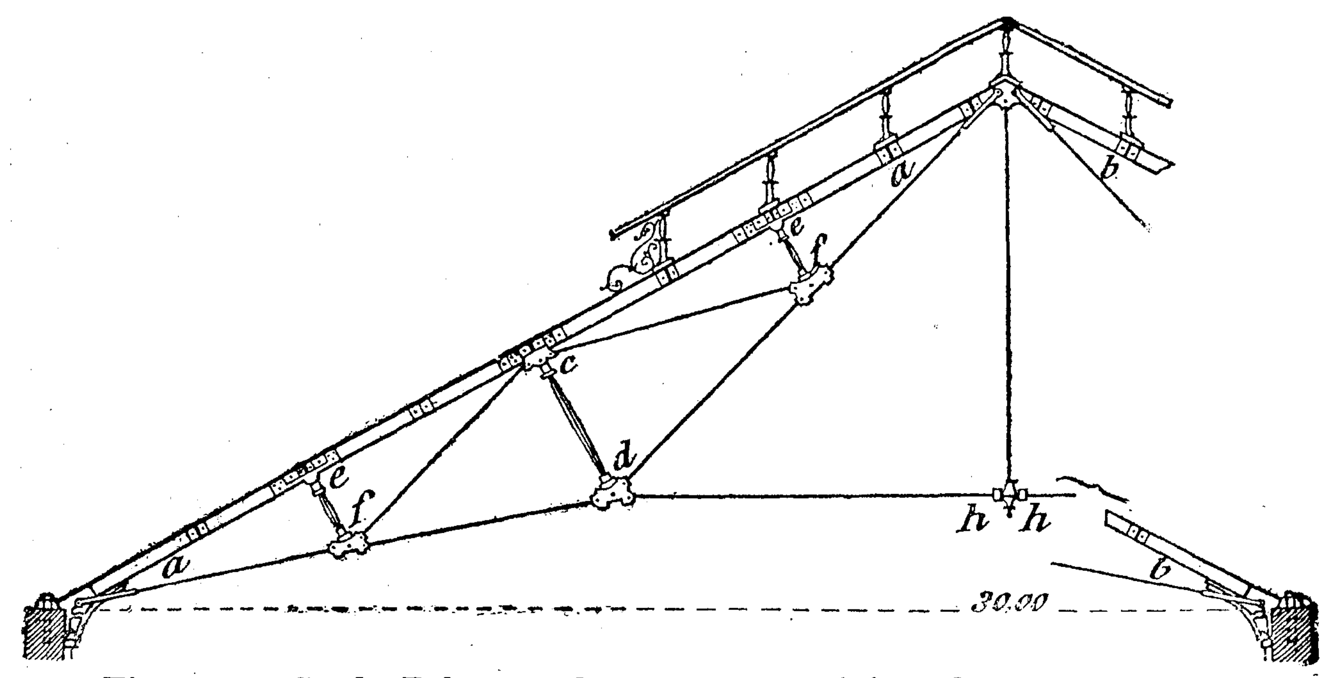


Fig. 269.—Cercha Polonceau de 6 tornapuntas (véanse las figs. 270 á 280).

Figs. 270 á 273.

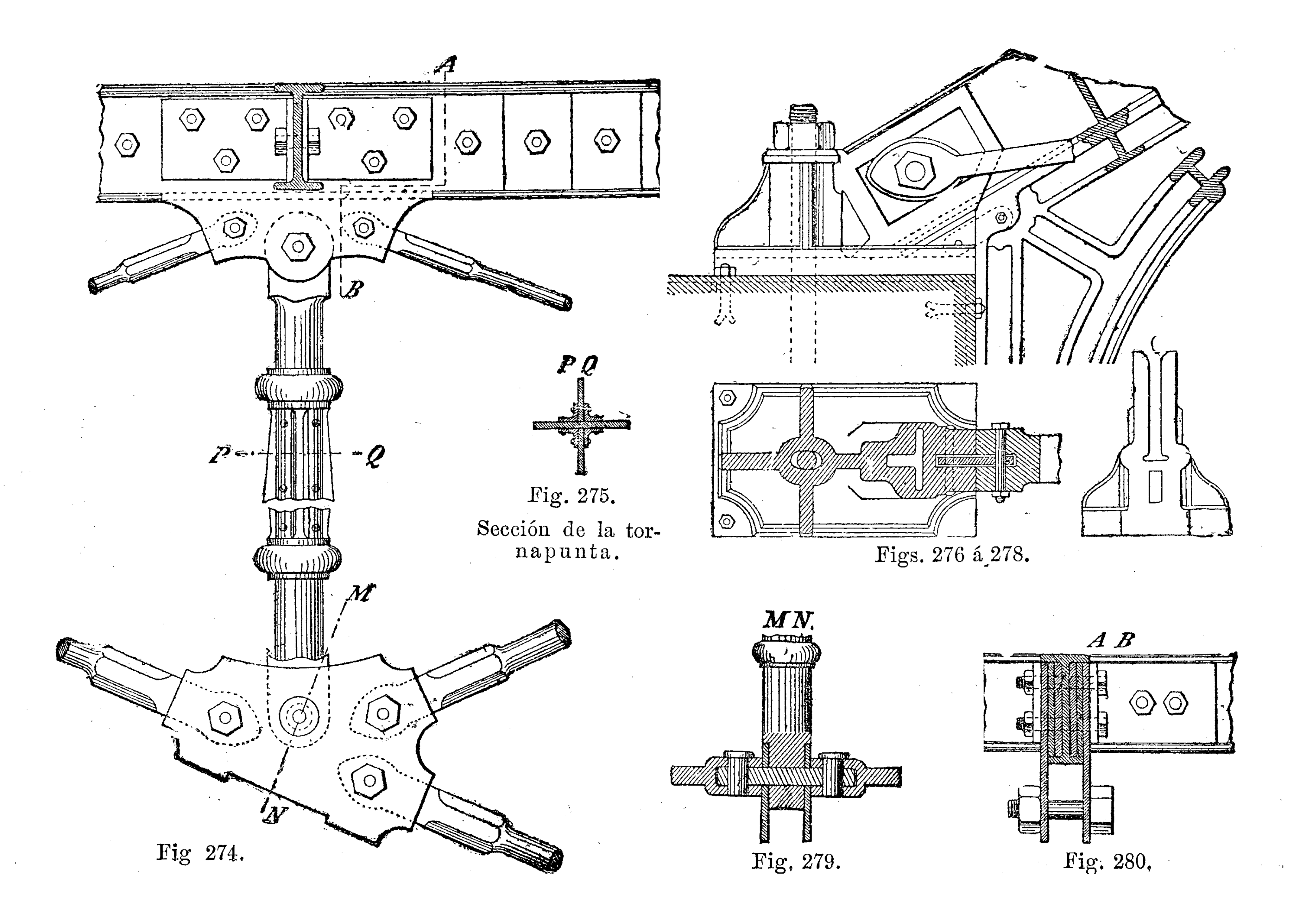


Fig 274.

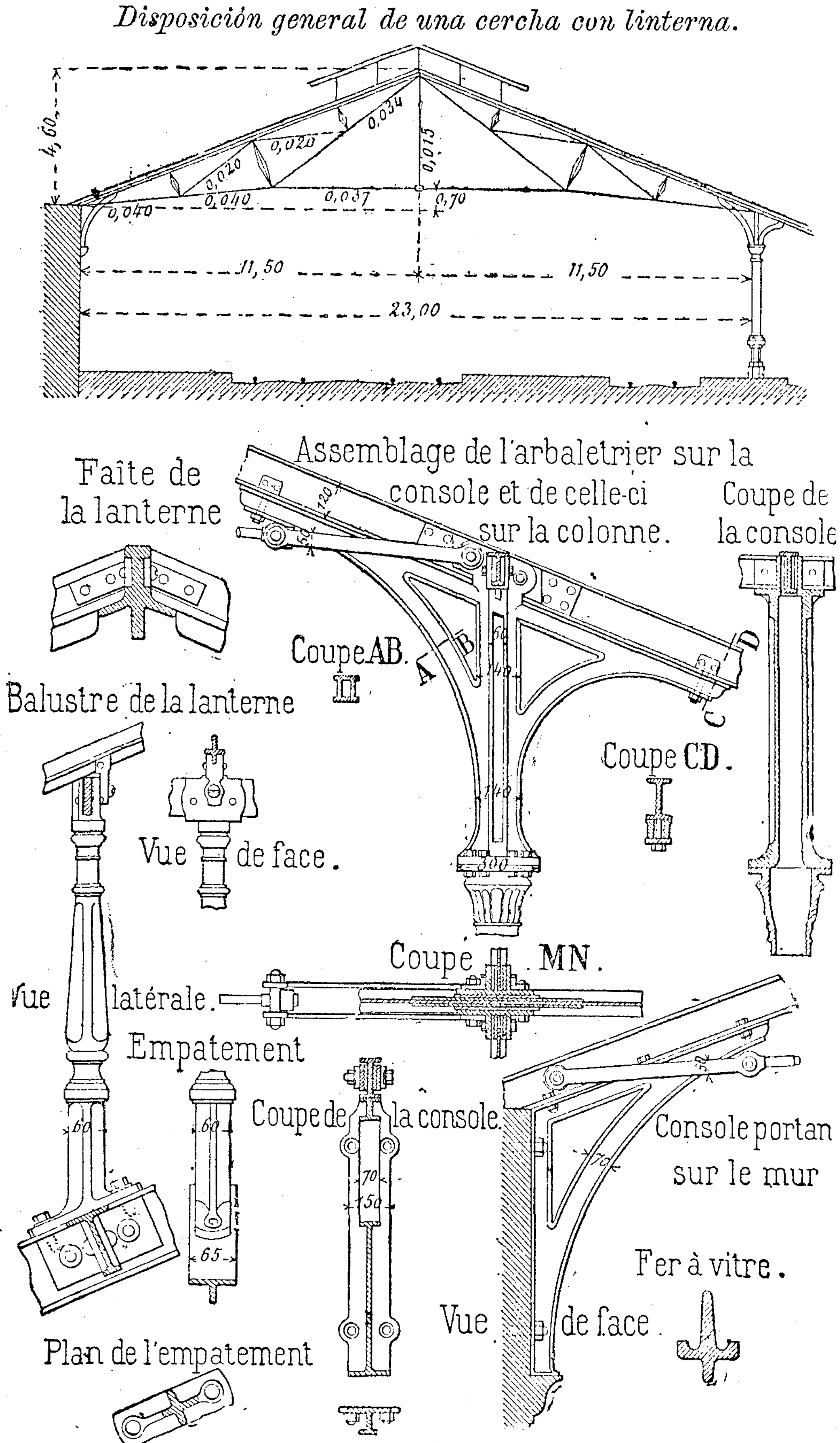
Fig. 275.
Sección de la tornapunta.

Figs. 276 á 278.

Fig. 279.

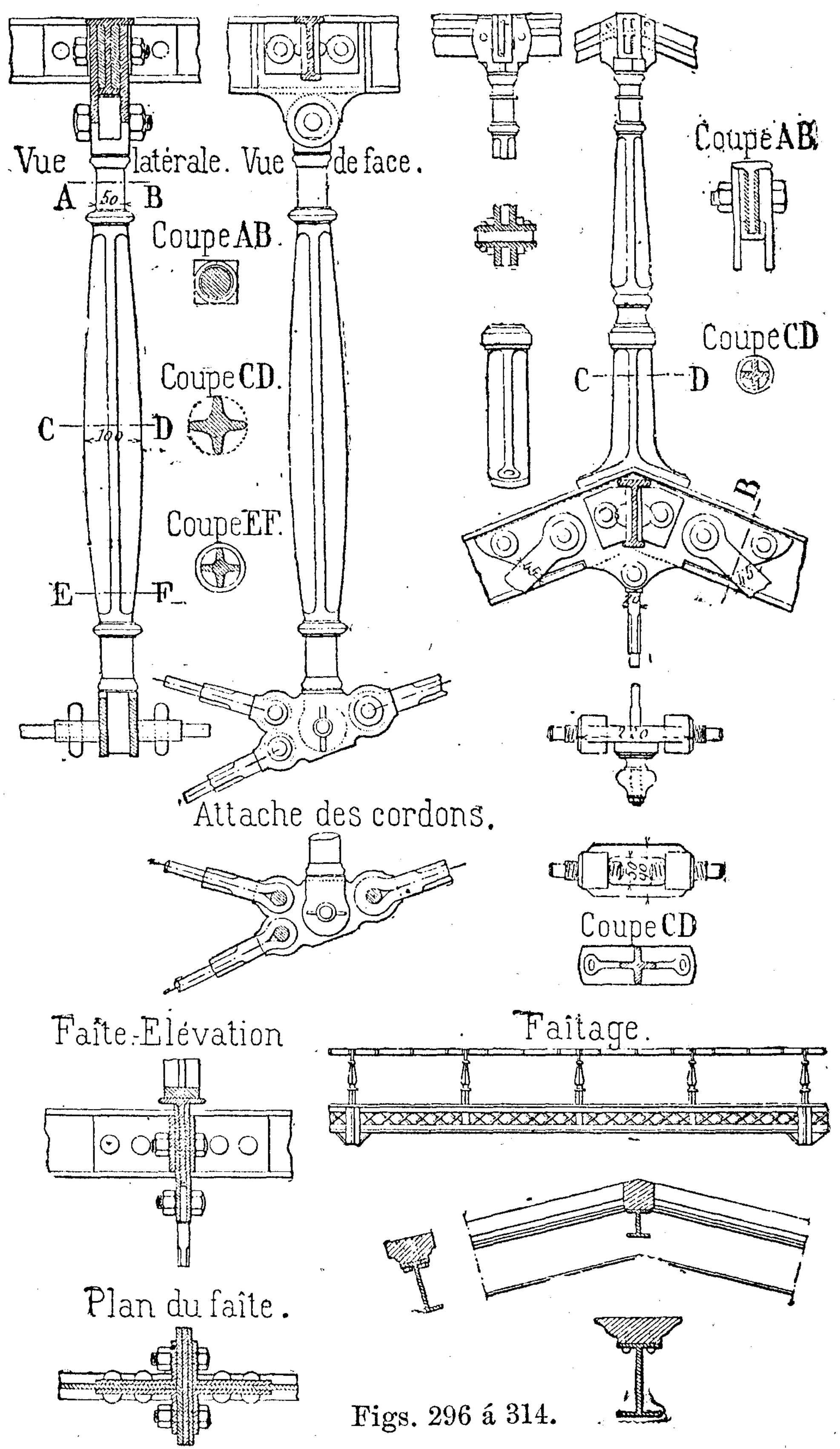
Fig. 280.

Disposición general de una cercha con linterna.



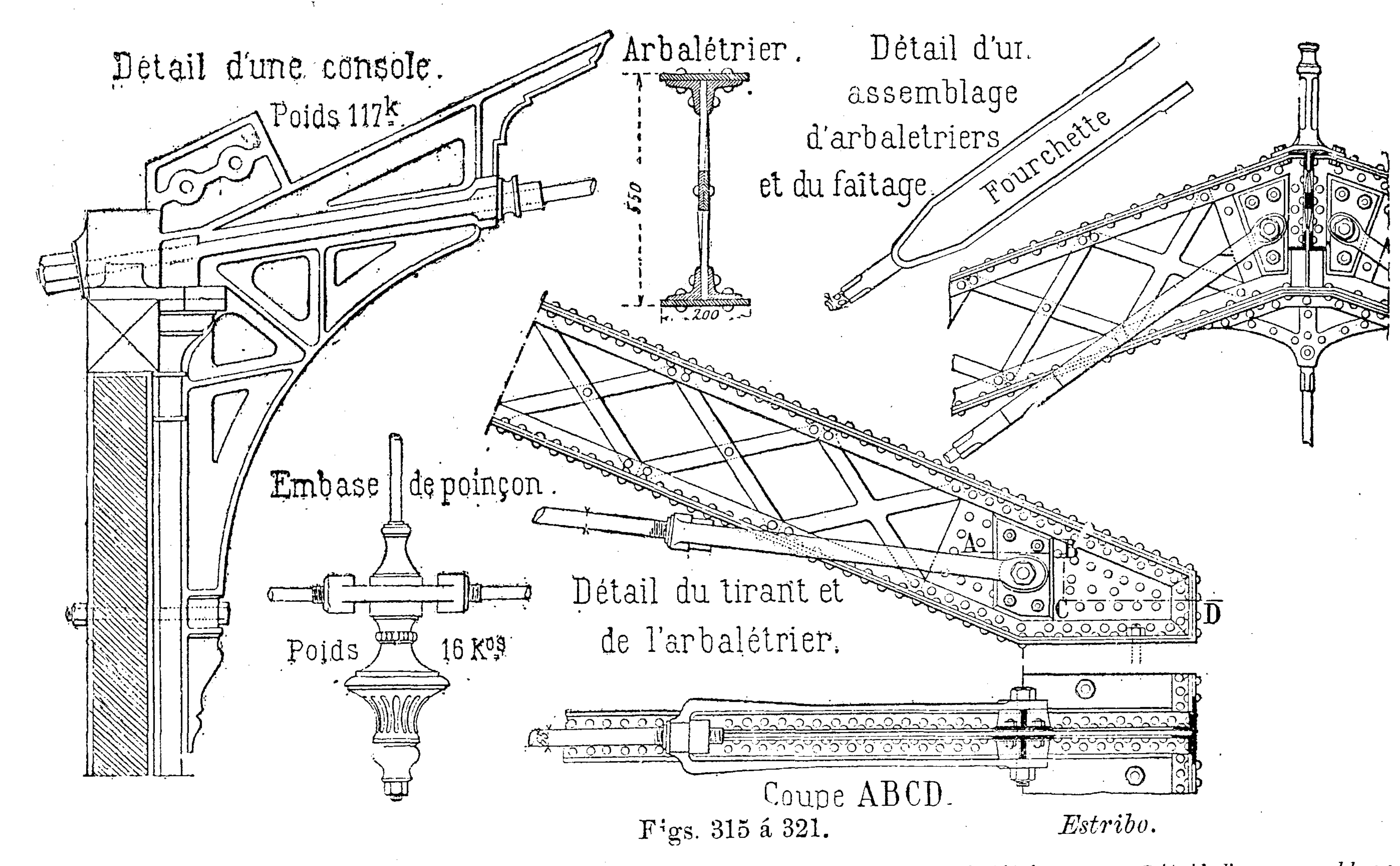
Figs. 281 á 285.

EXPLICACIÓN: *Faîte de la lanterne*, hilera de la linterna.—*Assemblage de l'arbalétrier sur la console et de celle-ci sur la c lonne*, ensamblaje del par con la ménsula y de ésta con la columna.—*Coupe de la console*, corte de la ménsula.—*Balustre de la lanterne*, montante de la linterna.—*Vue de face*, vista de frente.—*Vue latérale*, vista lateral.—*Empatement*, apoyo del montante en el par.—*Plan de l'empatement*, planta del apoyo del montante en el par.—*Console portant sur le mur*, ménsula fijada al muro.—*Fer à vitre*, hierro para el apoyo de los cristales.



Figs. 296 á 314.

Explicación: *Vue laterale*, vista lateral.—*Vue de face*, vista de frente.—*Coupe*, corte.—*Attache des cordons*, ensamblaje de los tirantes y la tornapunta.—*Elévation*, alzado.—*Faîtage*, caballete.—*Plan du faîte*, planta del caballete.



Figs. 315 á 321.

Explicación: *Détail d'une console*, detalle de una ménsula.—*Poids 117 k.*, peso 117 k.—*Arbalétrier*, par.—*Détail d'un assemblage d'arbalétriers et du faîtage*, detalle de un ensamblaje de los pares y de la cumbrera.—*Fourchette*, horquilla.—*Embase de poinçon*, ensamblaje inferior del pendolón.—*Detail du tirant et de l'arbalétrier*, detalle del tirante y del par.—*Coupe*, corte.

á una placa gruesa de palastro (fig. 267). El cojinete puede ser también de fundición (fig. 266). La figura 322 es una vista en perspectiva de un cojinete de fundición.

Las placas de ensamblaje de las cerchas se forman con chapas de palastro de 20 á 30 milímetros de espesor; perfóranse en ellas los agujeros necesarios para el paso de los pernos (figs. 258 *bis* y 274).

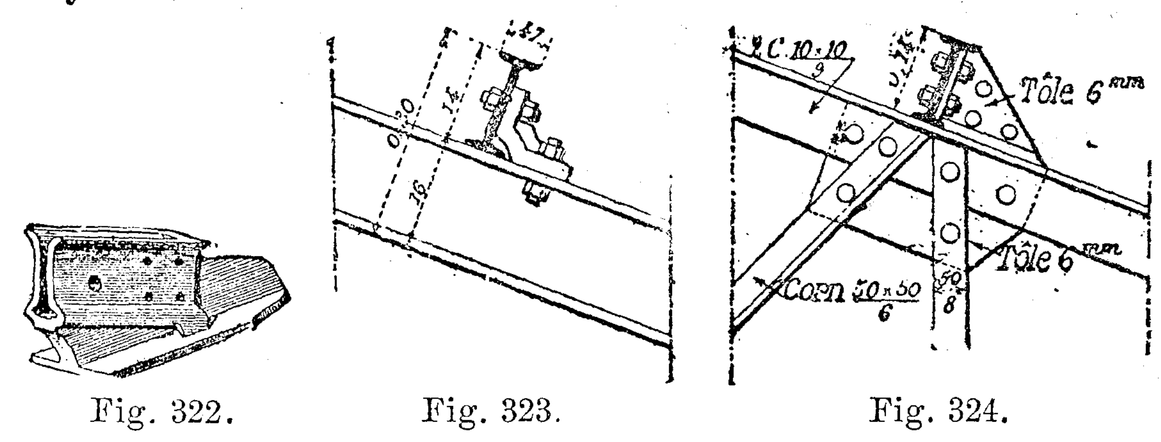


Fig. 322. Fig. 323. Fig. 324.

Explicación: *Tôle*, palastro.—*Corn*, cantonera.

Las correas de hierro se ensamblan por medio de dos cantoneras en cada extremo. Pueden colocarse también encima de los pares, uniéndose á ellos por piezas especiales de fundición ó por escuadras, prolongando la cartela de unión del par por otras piezas de la cercha (figs. 323 y 324).

Los cojinetes empleados para las cerchas mixtas de madera y de hierro de pequeñas luces están provistos de una escuadra que cubre la placa de apoyo; el par descansa contra esta escuadra, que lleva un agujero por el cual pasa un tirante, fijándose exteriormente con una tuerca.

Otro tipo consiste en una placa de palastro de $0^m,010$, acodillada y fijada á la placa de apoyo por medio de dos escuadras; la parte inferior del par viene á apoyarse contra este cojinete, y la separación se mantiene por medio de un tirante sujeto á las dos ramas del estribo (figs. 325 y 326).

Cuando hay muchas cerchas iguales, se emplea la fundición

para los ensamblajes de los apoyos y del caballete (figs. 327 á 329). La carga total de la cercha comprende el peso de la ar-

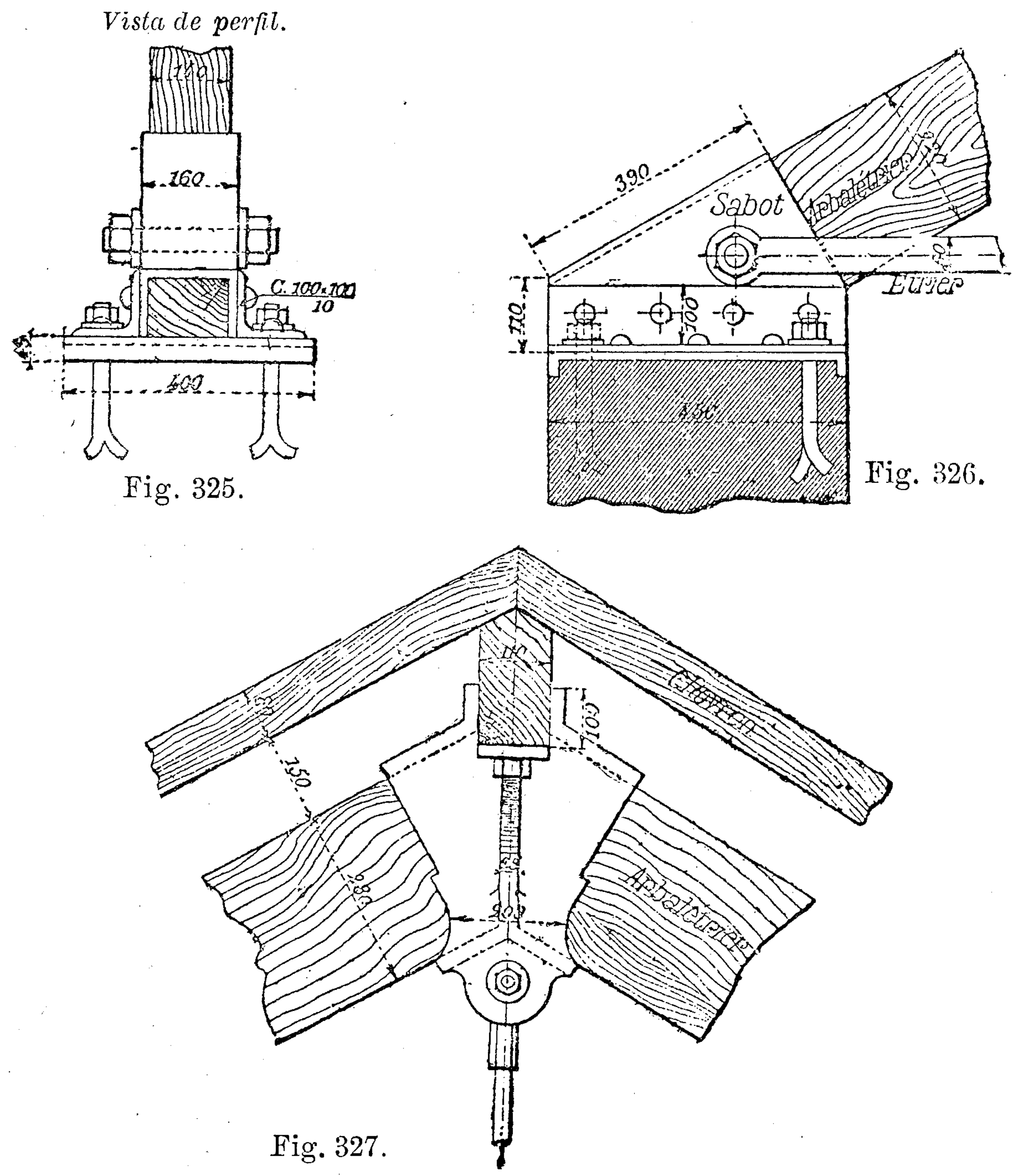


Fig. 325. Fig. 326. Fig. 327.

Explicación: *Sabot*, cojinete.—*Arbalétrier*, par.—*Etrier*, estribo.—*Chevron*, cabio.

madura, el de la cubierta y la carga accidental debida al viento y á la nieve.

Por término medio, la carga es de 100 kilogramos por metro cuadrado para las armaduras de hierro cubiertas con cristales

(incluyendo el viento y la nieve) y 150 para las armaduras metálicas con cubierta de teja (incluyendo también la nieve y el viento).

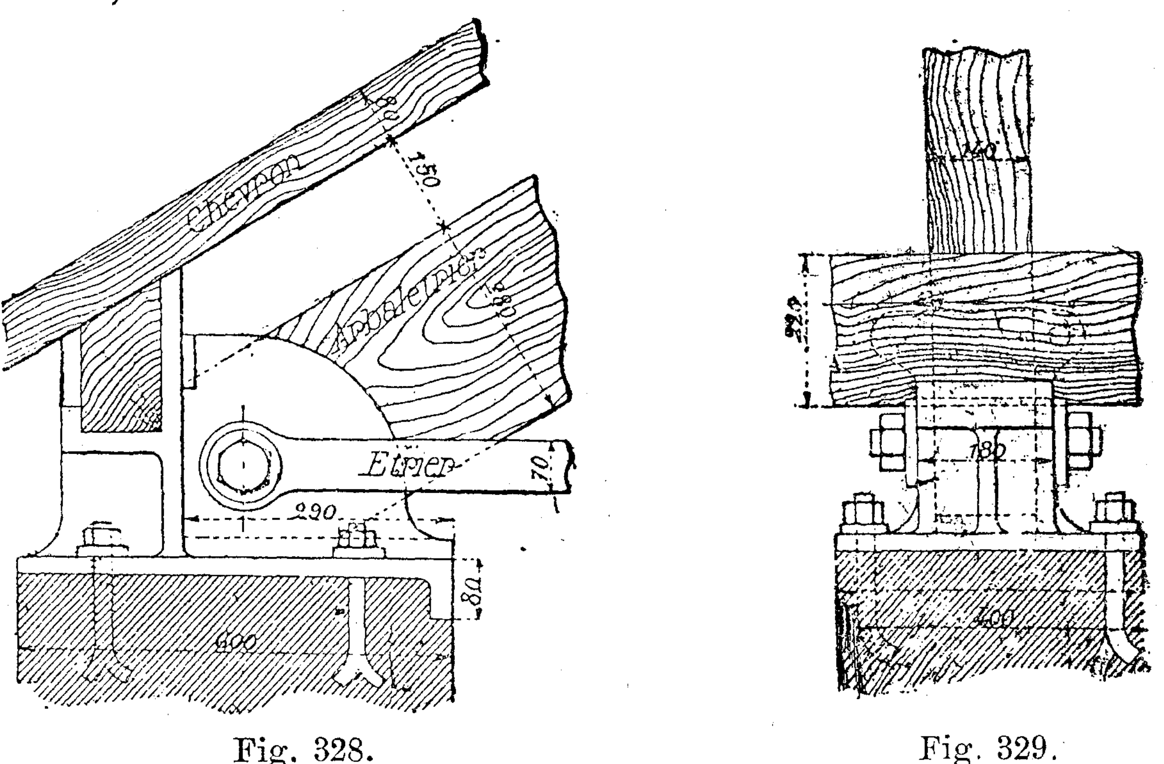


Fig. 328. Fig. 329.

EXPLICACIÓN: *Chevron*, cabio.—*Arbalétrier*, par.—*Etrier*, estribo.

Cálculo de las cerchas.—Para el cálculo de las cerchas, véase *Notes et formules de l'Ingénieur.*

Cerchas inglesas de tornapuntas oblicuas.—Las cerchas metálicas de tornapuntas oblicuas, llamadas inglesas, presentan las mismas formas que las de madera.

La figura 331 es un ejemplo.

Se emplea mayor ó menor número de tornapuntas, según la luz; estas cerchas se montan más fácilmente que las de Polonceau y no necesitan piezas forjadas; la separación más comúnmente adoptada es de 4 á 5 metros.

Las tornapuntas son hierros en ┬, en cruz, en ⊔ ó en ángulo. Las péndolas son barras planas ó cantoneras.

Las figuras 332 á 344 muestran una cercha de tornapuntas con sus diversos detalles.

Cuadro de las secciones de las diferentes piezas de que se componen las cerchas Poloneau (según Mr. G. Oslet).

Luz.	Altura.	PARES	Diámetro de los tirantes de hierros redondos.			BIELAS	Pendolones.	Separación de las cerchas.
P	*H*	*A*	*T*	*T'*	*T''*	*B*	*O*	
m.	m.		m/m.	m/m.	m/m.		m/m.	m.
12,00	2,30	I de 0,14 ordinario.	21	29	15	Sección de fundición que varía según la forma y la carga.	15	4
14,00	2,80	I de 0,18 ó 0,20 ordinario.	34	37	20		20	4,50 á 5
16,00	3,20	I de 0,22 ordinario.	40	43	25		25	5 á 6
34,00	6,75	I de 0,26 ordinario ó viga de celosía.	60	70	50		30	5 á 6

Fig. 330.

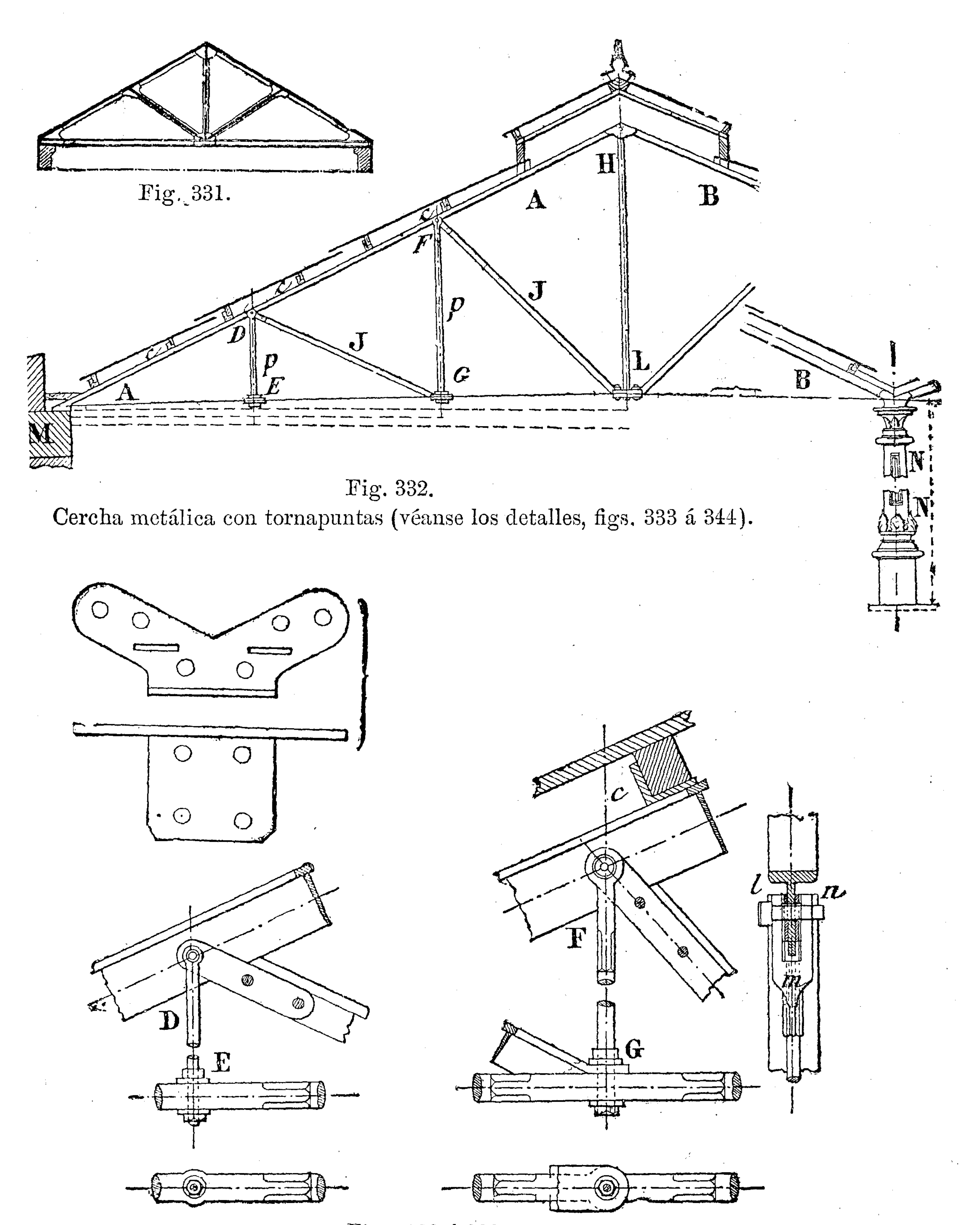


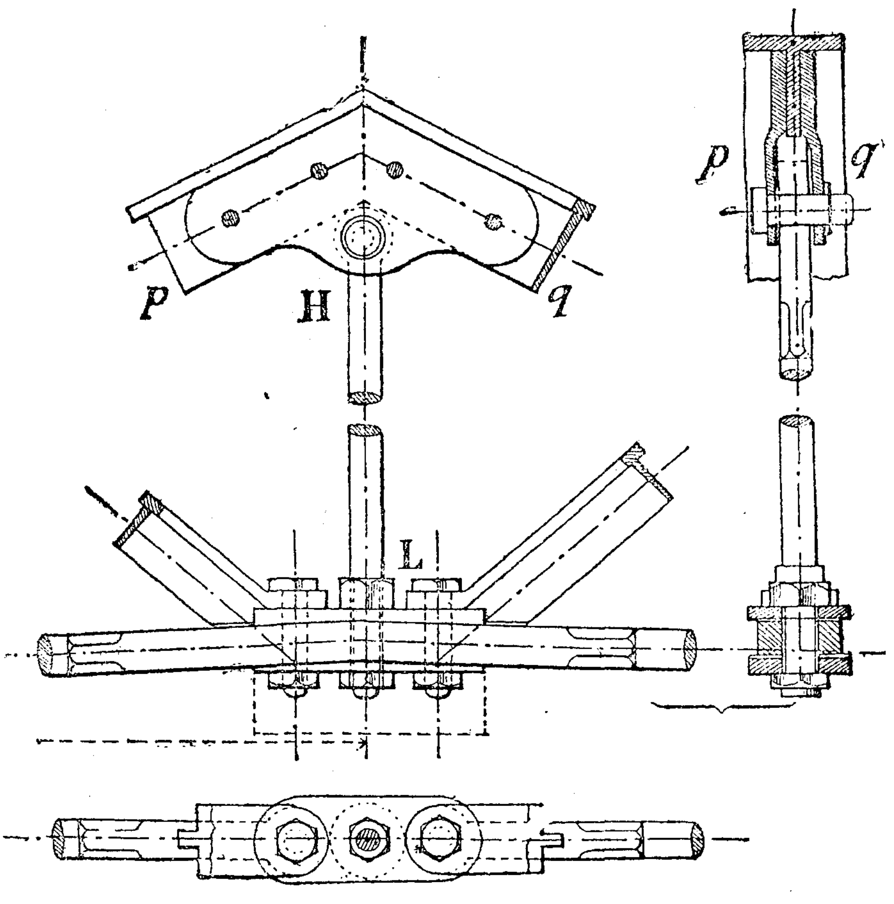
Fig. 331.

Fig. 332.
Cercha metálica con tornapuntas (véanse los detalles, figs. 333 á 344).

Figs. 333 á 338.

Las cerchas triangulares con tirantes elevados hacia el centro se hacen también rígidas, empleando para péndolas hierros con nervios, como ángulos, hierros en ⊤ ó cruces.

La figura 345 muestra una cercha del tipo precedente, coronada por una linterna.



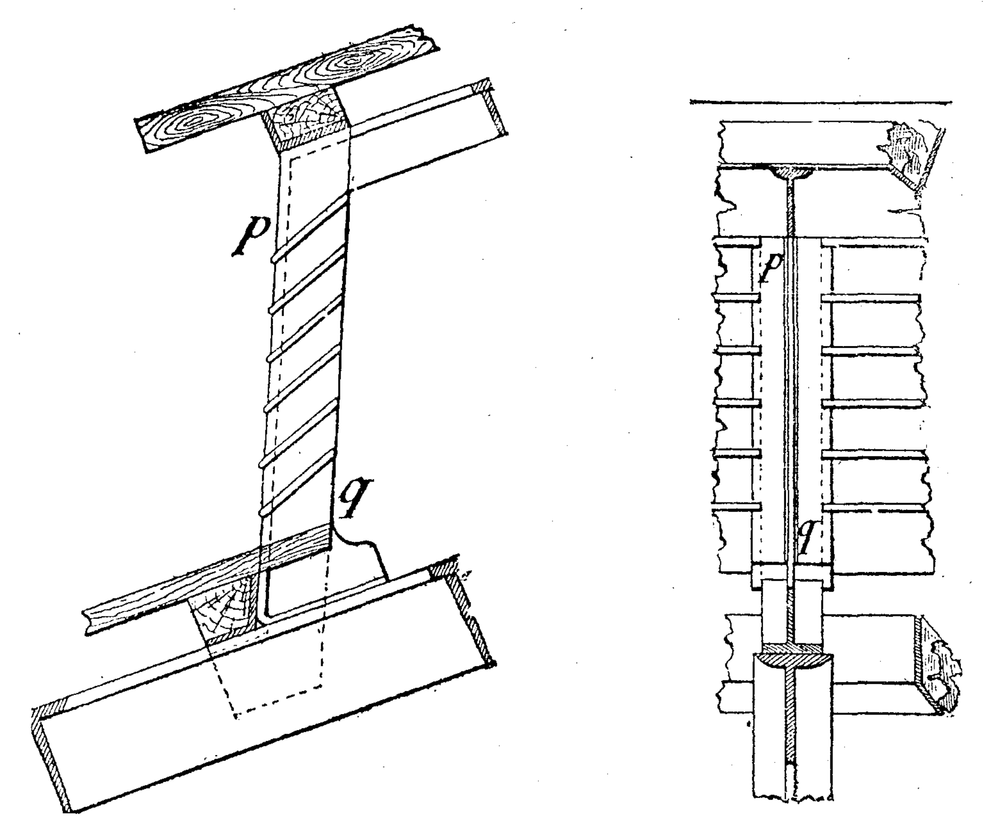
Figs. 339 á 341.

Damos (fig. 346 *bis*) el trazado de la cercha del Palacio de la Educación, que están construyendo para la Exposición de 1900 los Sres. Bardoux y Blavette. Se puede también construir esta misma cercha con péndolas y tornapuntas formadas de hierros de ángulo ú otras secciones con nervios y diagonales de barras planas.

En fin, el sistema triangular se presta á la forma curva en el interior. La figura 346 representa esta disposición, adoptada en la cercha construída para la Escuela profesional de Armentières por el arquitecto Mr. Ch. Chipiez, y que ha sido descrita en el periódico *L'Architecture*.

Las figuras 347 á 349 dan los detalles y los planos relativos á esta armadura.

Armadura Shed.—Las armaduras de vertientes desiguales, llamadas de *Shed*, ó armaduras *en dientes de sierra*, se construyen de madera ([1]) ó de hierro.



Figs. 342 y 343.

Generalmente se agrupan varias. Para evitar la excesiva viveza de los rayos luminosos, la parte encristalada de estas armaduras se orienta hacia el Norte, lo cual produce una luz difusa constante.

La inclinación media de las cubiertas Shed es de 37° y la de la parte encristalada de 60°; las dos vertientes se cortan, según esto, en ángulo recto.

La canal de estas armaduras es casi siempre demasiado pequeña, porque, dada la disposición de las cubiertas, que ocupan mucha anchura, los desagües, para ser suficientes, deberían ser enormes.

([1]) Véase el tomo IV.

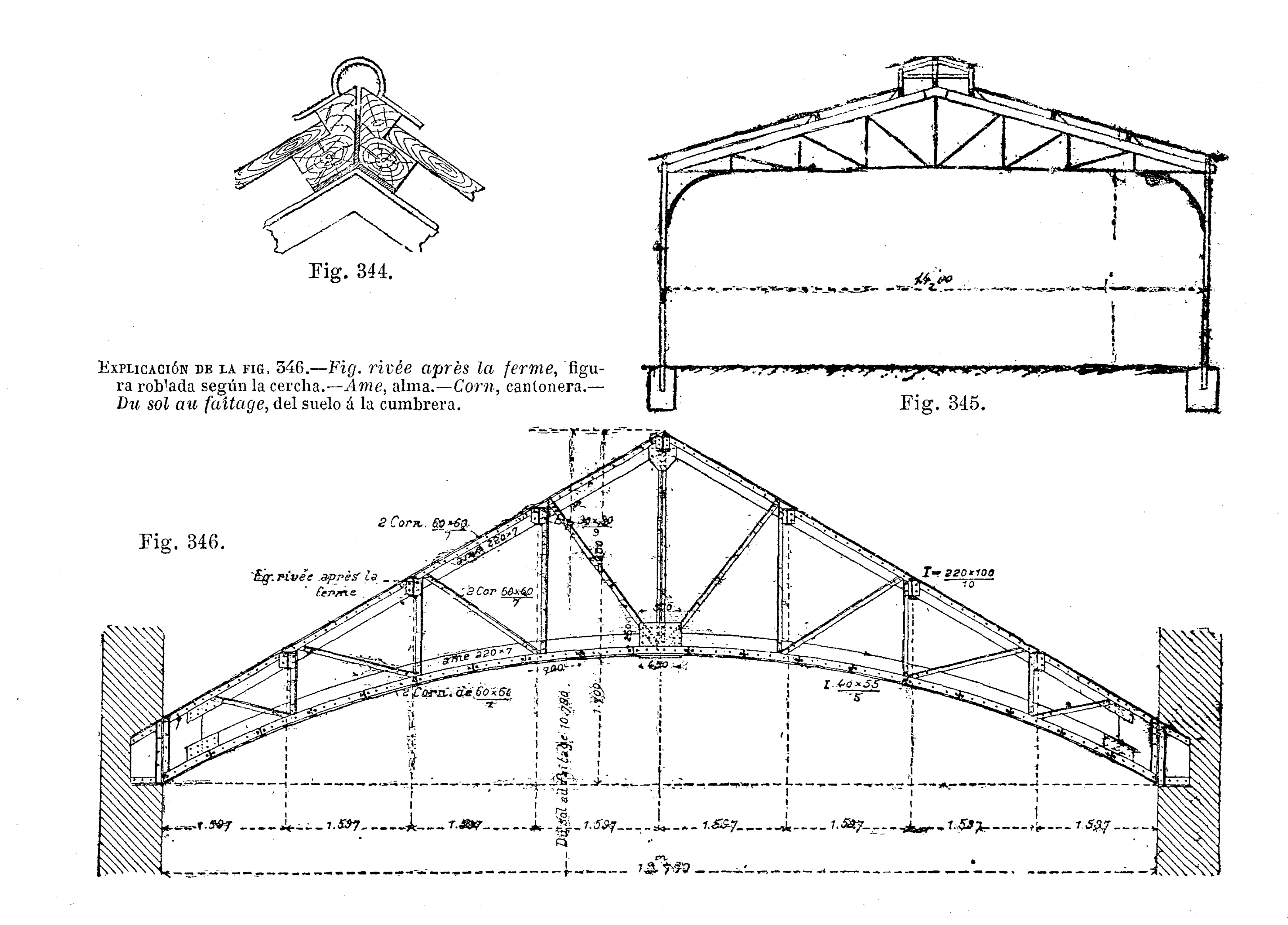


Fig. 344.

Fig. 345.

Fig. 346.

Explicación de la fig. 346.—*Fig. rivée après la ferme*, figura roblada según la cercha.—*Ame*, alma.—*Corn*, cantonera.—*Du sol au faîtage*, del suelo á la cumbrera.

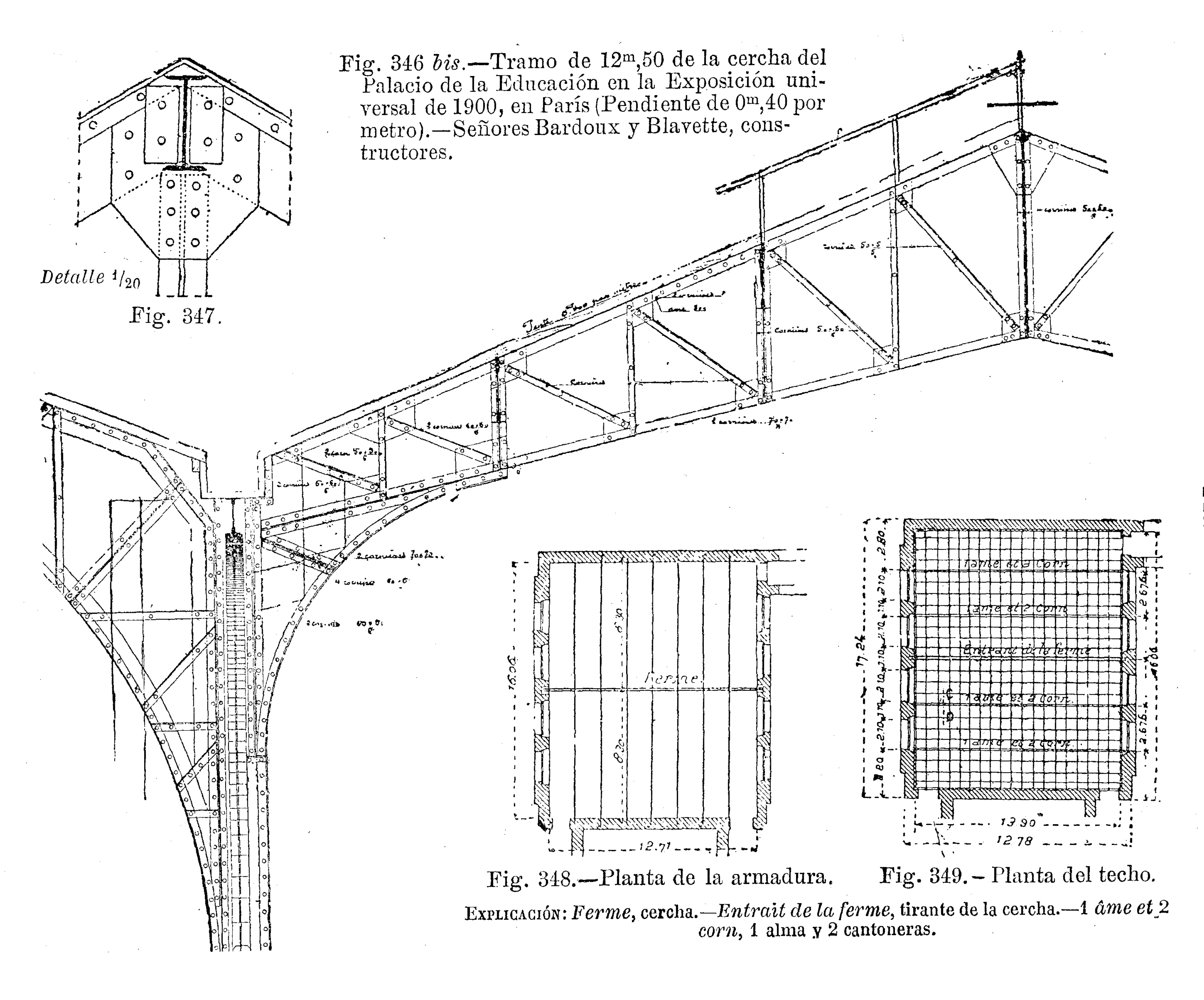


Fig. 346 *bis*.—Tramo de 12m,50 de la cercha del Palacio de la Educación en la Exposición universal de 1900, en París (Pendiente de 0m,40 por metro).—Señores Bardoux y Blavette, constructores.

Fig. 347.

Fig. 348.—Planta de la armadura.

Fig. 349.—Planta del techo.

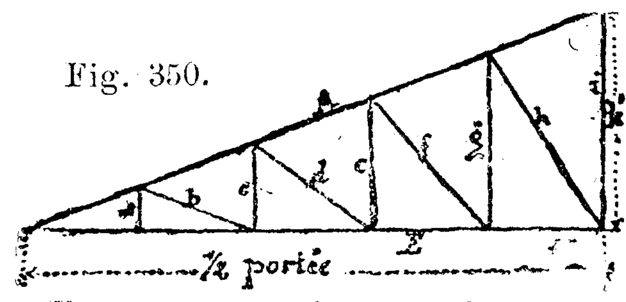
EXPLICACIÓN: *Ferme*, cercha.—*Entrait de la ferme*, tirante de la cercha.—1 *âme et 2 corn*, 1 alma y 2 cantoneras.

Cuadro de las diferentes secciones de las piezas que componen una cercha inglesa de péndolas y tornapuntas, según G. Oslet *(Véase la fig. 350).*

LUZ	NÚMERO DE PÉNDOLAS	NÚMERO DE TORNAPUNTAS	ALTURA *h*	PARES *A*	TIRANTES *E*	PIEZA *a*	PIEZA *b*	PIEZA *c*	PIEZA *d*	PIEZA *e*	PIEZA *f*	PIEZA *g*	PIEZA *h*	PIEZA *i*
15 á 16m	7	6	4m,60	2 cant. $\frac{110 \times 70}{8}$	2 hierros U $\frac{120 \times 30}{7}$	2 barras. 54 × 8	2 cant. $\frac{65 \times 45}{5}$	2 barras. 54 × 8	2 cant. $\frac{80 \times 50}{7}$	2 barras. 60 × 8	2 cant. $\frac{80 \times 50}{7}$	»	»	2 barras. 128 × 8
28m	9	8	6m,80	2 cant $\frac{120 \times 80}{10}$	2 hierros U $\frac{175 \times 55}{10}$	2 barras 54 × 8	2 cant. $\frac{65 \times 45}{5}$	2 barras. 54 × 8	2 cant. $\frac{80 \times 50}{7}$	2 barras 66 × 8	2 cant $\frac{95 \times 60}{7}$	2 barras 81 × 10	2 cant. $\frac{110 \times 70}{7}$	2 barras. 130 × 9

Las armaduras de vertientes desiguales para luces de 4 á 6 metros se apoyan en carreras sostenidas por postes ó columnas y arriostradas por otras vigas ó viguetas que forman tirantes; no hay verdaderos pares, sino cabios muy próximos que hacen inútiles las correas. La figura 351 muestra este tipo, según Mr. Barberot. Cuando las luces son mayores, se emplean cerchas de piezas llenas ó de celosía, con un tirante y una ó dos péndolas (fig. 352).

Fig. 350.



Esquema de media cercha inglesa.

Explicación: 1/2 *portée*, semiluz.

Constrúyese también con tornapunta oblicua, y en este caso no es otra cosa que una cercha ordinaria, en la que uno de los pares se prolonga más allá del caballete.

La cercha Shed puede finalmente llevar una tornapunta perpendicular al par, y se asemeja entonces á media cercha articulada Polonceau.

La figura 354 muestra otro tipo de cercha Shed.

El par de la vertiente mayor es una vigueta en **I**; el de la vertiente menor es una especie de puntal.

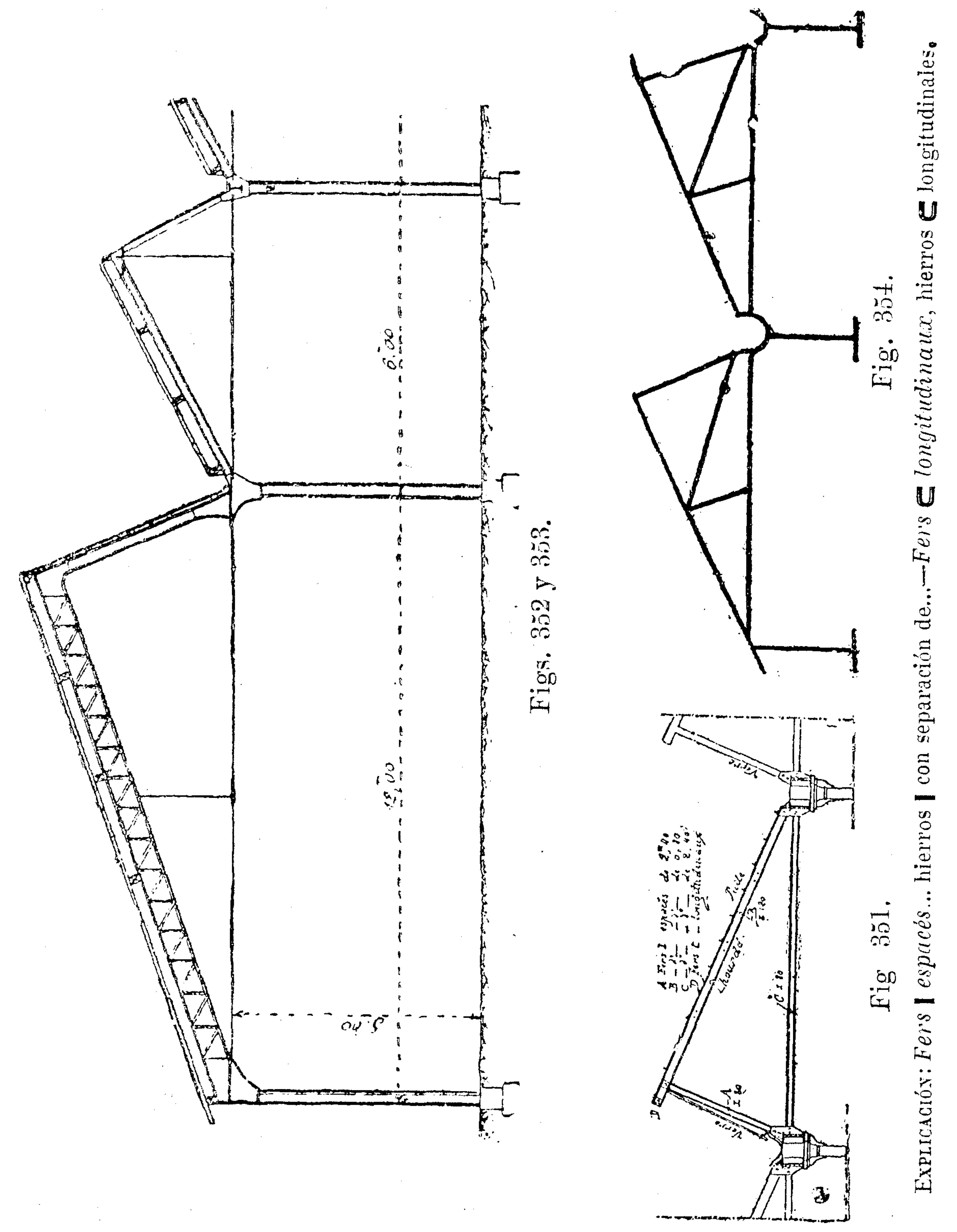
El ensamblaje en el caballete, cuando los dos pares son hierros en **I**, se realiza suprimiendo las cabezas y encepando las almas con dos fuertes cartelas ó cubrejuntas.

Algunas veces se prolonga el par mayor (fig. 351), sobre todo en las armaduras con partes móviles. Cuando el par mayor es una viga de celosía, se le sostiene por dos fuertes escuadras apoyadas contra la cabeza superior y que encepan el alma.

Cuando la cercha es articulada ó de tornapunta perpendicular al par, las placas del ensamblaje del caballete sirven al mismo tiempo para ensamblar el tirante por medio de un perno.

La figura 355 muestra el ensamblaje del par mayor con el hierro del bastidor.

El ensamblaje del apoyo debe disponerse teniendo en cuenta, sobre todo, las condiciones que exige la canal. Esta última puede



Figs. 352 y 353.

Fig. 354.

Fig 351.

Explicación: *Fers* I *espacés*... hierros I con separación de...—*Fers* U *longitudinaux*, hierros U longitudinales.

hallarse formada por dos viguetas bastante separadas que reciben los arranques de los pares de las cerchas contiguas. Mas,

por razón de economía, se prefiere á menudo hacer descansar los dos pares sobre una vigueta única, á la cual se ensamblan (figu-

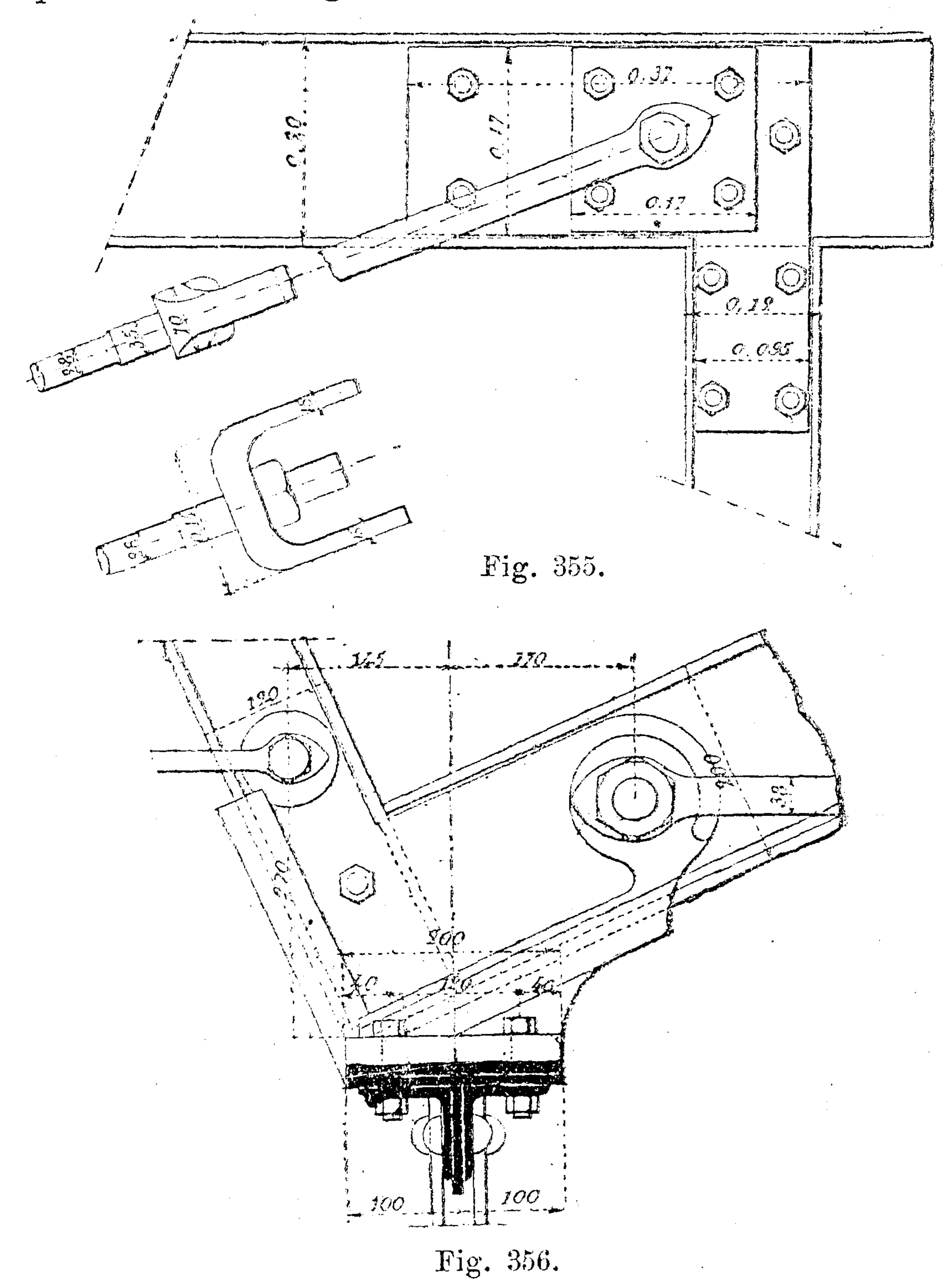


Fig. 355.

Fig. 356.

ra 356); se pueden unir asi uno con otro por medio de placas laterales.

El tirante de las cerchas Shed se compone generalmente de

hierros en ⊔ ó de ángulo; las armaduras con tornapunta perpendicular al par tienen por tirante un hierro redondo.

Cerchas Mansard de hierro.—Las armaduras *quebrantadas ó á la Mansard,* de las cuales hemos hablado en nuestro tomo IV, se construyen también con hierros en **I**. Tienen la ventaja de permitir la habilitación de locales habitables en las buhardillas, pero se hallan esas habitaciones muy expuestas á las influencias atmosféricas del exterior.

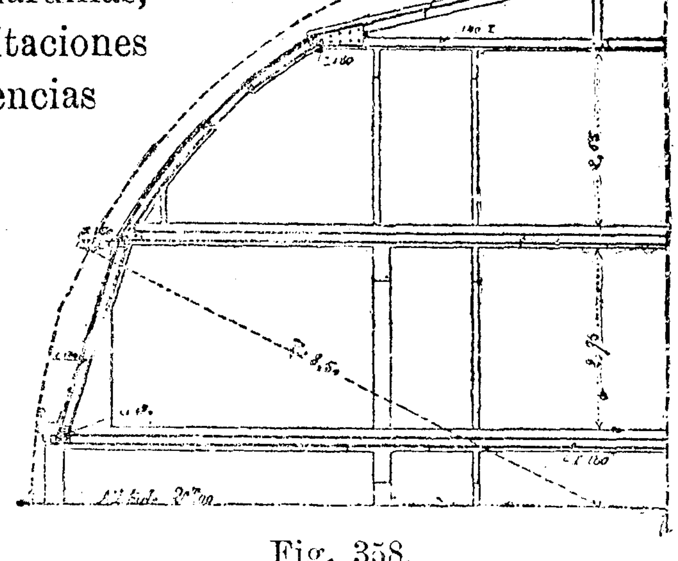


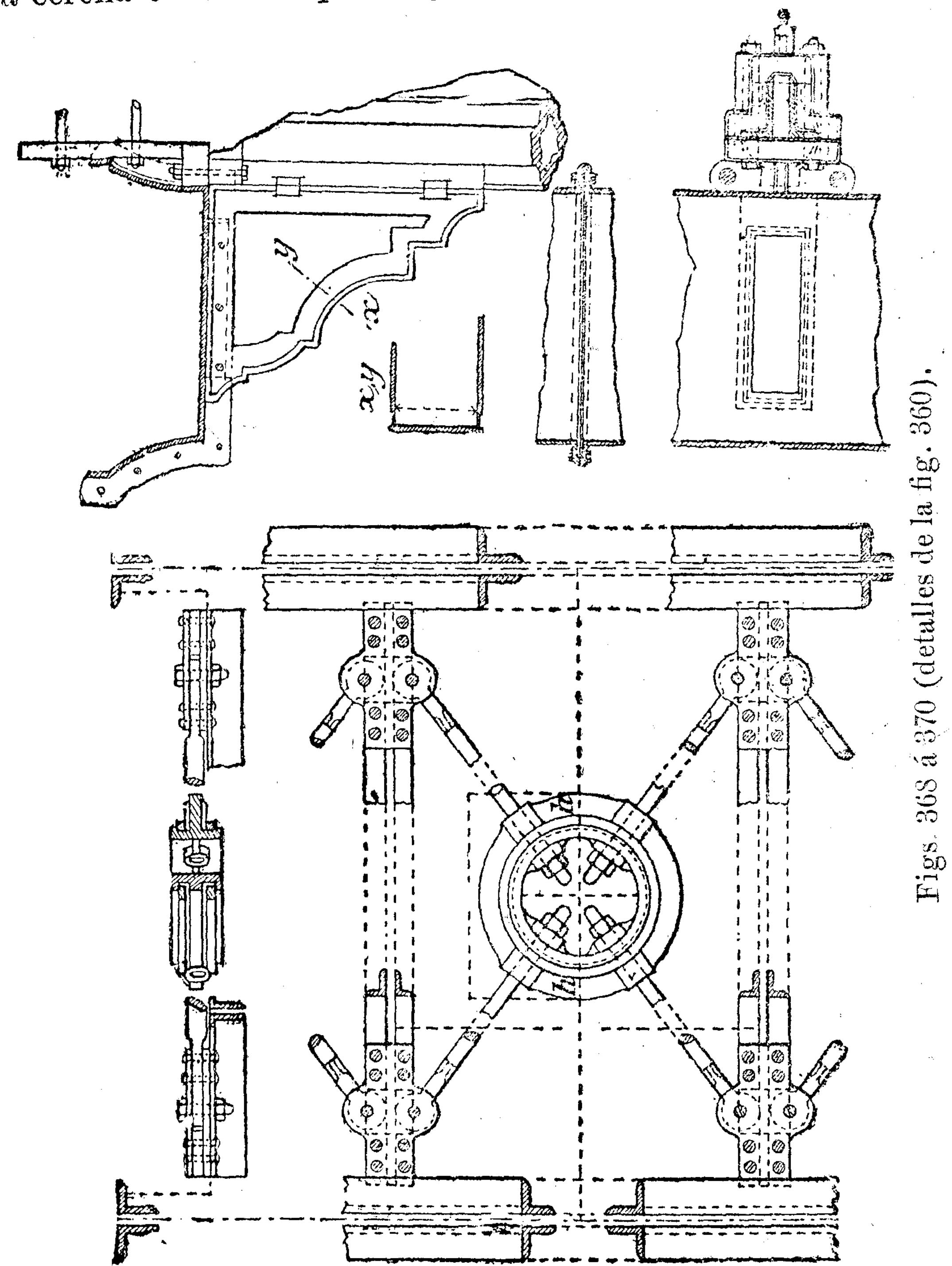
Fig. 358.

En una armadura de hierro á la Mansard se ensamblan con las viguetas del piso las carreras de chapas planas de 100×8 ó hierros en ⊔ del mismo ancho; sobre esta carrera se ensamblan, de metro en metro, por medio de hierros de ángulo, los cabios de la vertiente inferior, que son hierros en **I** de 8 á 10 centímetros. Se enlazan estos cabios por riostras de chapa plana separadas entre sí $0^m,75$ á $0^m,80$, ó por pernos en posiciones alternadas. Sus extremos superiores se unen por la correa que forma la arista del ángulo de las dos partes de una vertiente, que es un hierro en **I** de $0^m,12$ á $0^m,14$ colocado de plano, en el cual se apoya el enrayado de hierros en **I**, distantes entre si 1 metro próximamente.

La parte superior de la armadura se compone de pares formados por hierros en **I** de $0^m,12$ á $0^m,14$, con igual separación que los cabios de la parte inferior y arriostrados del mismo modo. Entre los hierros en **I** se hace un forjado de yeso y yesones.

La figura 358 muestra un tipo de una armadura quebrantada circular de grandes dimensiones.

Armaduras curvas.—La figura 229 indica en esquema una cercha curva. La planta puede ser poligonal ó circular; en



Figs. 368 á 370 (detalles de la fig. 360).

el primer caso las correas son rectas y en el segundo curvas. Las figuras 359 á 373 muestran los detalles de varias armaduras circulares.

Como el medio punto es poco favorable para la evacuación de

las aguas pluviales, se prefiere la forma ojival, pero no es raro ver cerchas curvas armadas con tornapuntas normales y tirantes.

Se puede evitar, sin embargo, este sistema, haciendo solidarias todas las cerchas por medio de correas.

La figura 374 representa una armadura circular atirantada.

Cuando las armaduras cubren un espacio cuyo contorno es *poligonal* (figs. 375 á 377), á cada ángulo del polígono corresponde media cercha, que se apoya inferiormente en un poste metálico y en la clave sobre un anillo que constituye la clave común á todas las cerchas; las correas, paralelas á los lados del polígono de la planta, ligan entre sí las cerchas y llevan las piezas de ensamblaje con los cabios. La linterna se apoya en el anillo central.

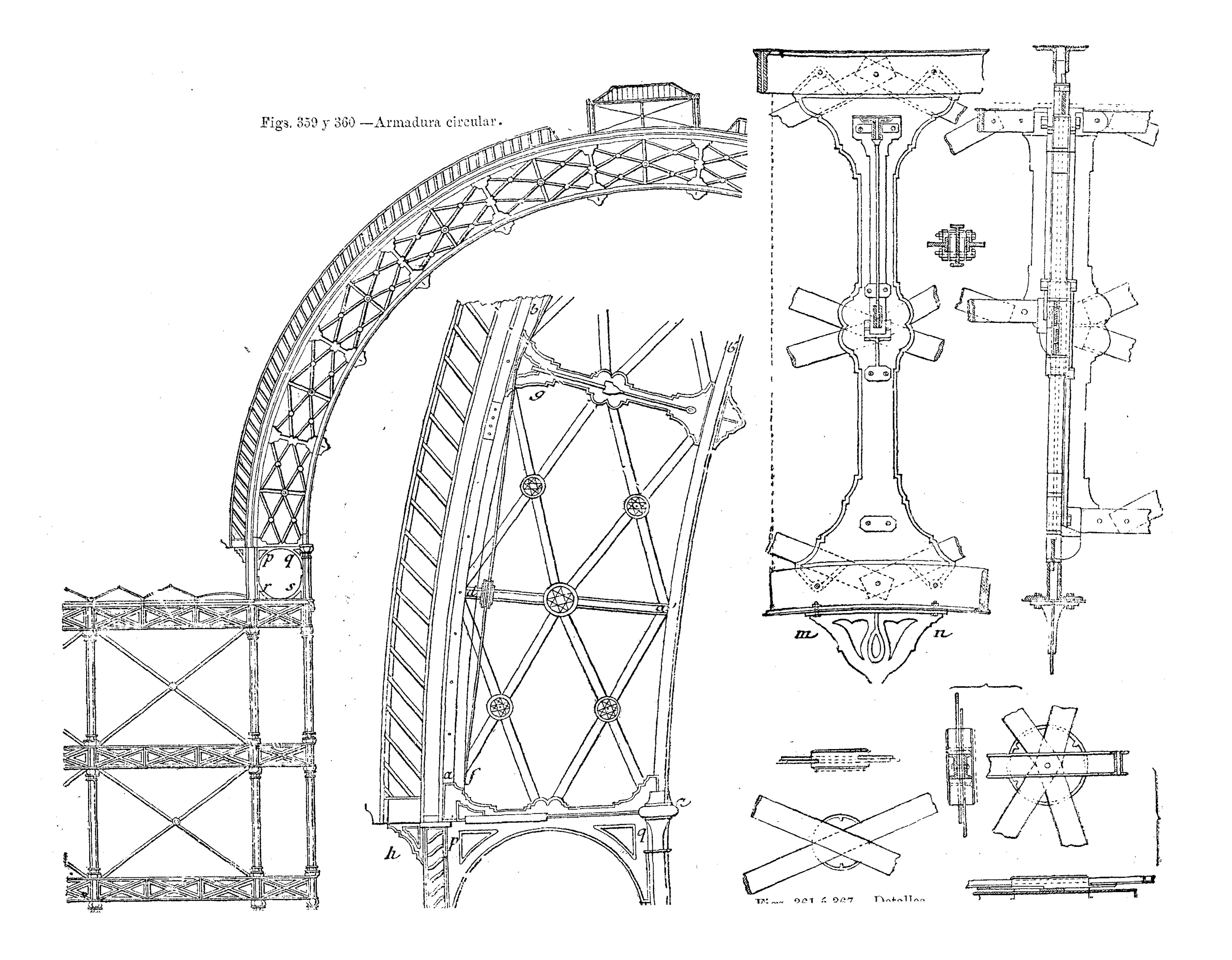
Armaduras decoradas.—Las armaduras que deben quedar aparentes ó se han de cubrir con cristales se pueden decorar con florones y otros adornos en relieve de fundición, con palastros recortados, empleando hierros laminados con molduras ó con ménsulas y floreos ó encaracolados de hierro forjado.

Las figuras 378 á 380 muestran los detalles de la armadura del Mercado de la Capilla en París, decorada con palastro calado.

Las armaduras de menos de 8 metros de luz pueden ser muy ligeras y decoradas con floreos de hierro forjado que rellenan las enjutas comprendidas entre el arco y el par (fig. 381). Las cerchas ojivales pueden decorarse del mismo modo.

Armaduras móviles, levadizas y de rodadura.—La linterna de una techumbre puede ser móvil, y el movimiento puede verificarse en sentido vertical, empleando contrapesos para hacer equilibrio al peso móvil, aunque este sistema es poco usado.

Con las linternas móviles por rodadura es posible dejar un cierto espacio enteramente descubierto cuando hace buen tiempo. La figura 382 representa la aplicación que se ha hecho de este sistema en el Hipódromo de París. Las dos partes indepen-

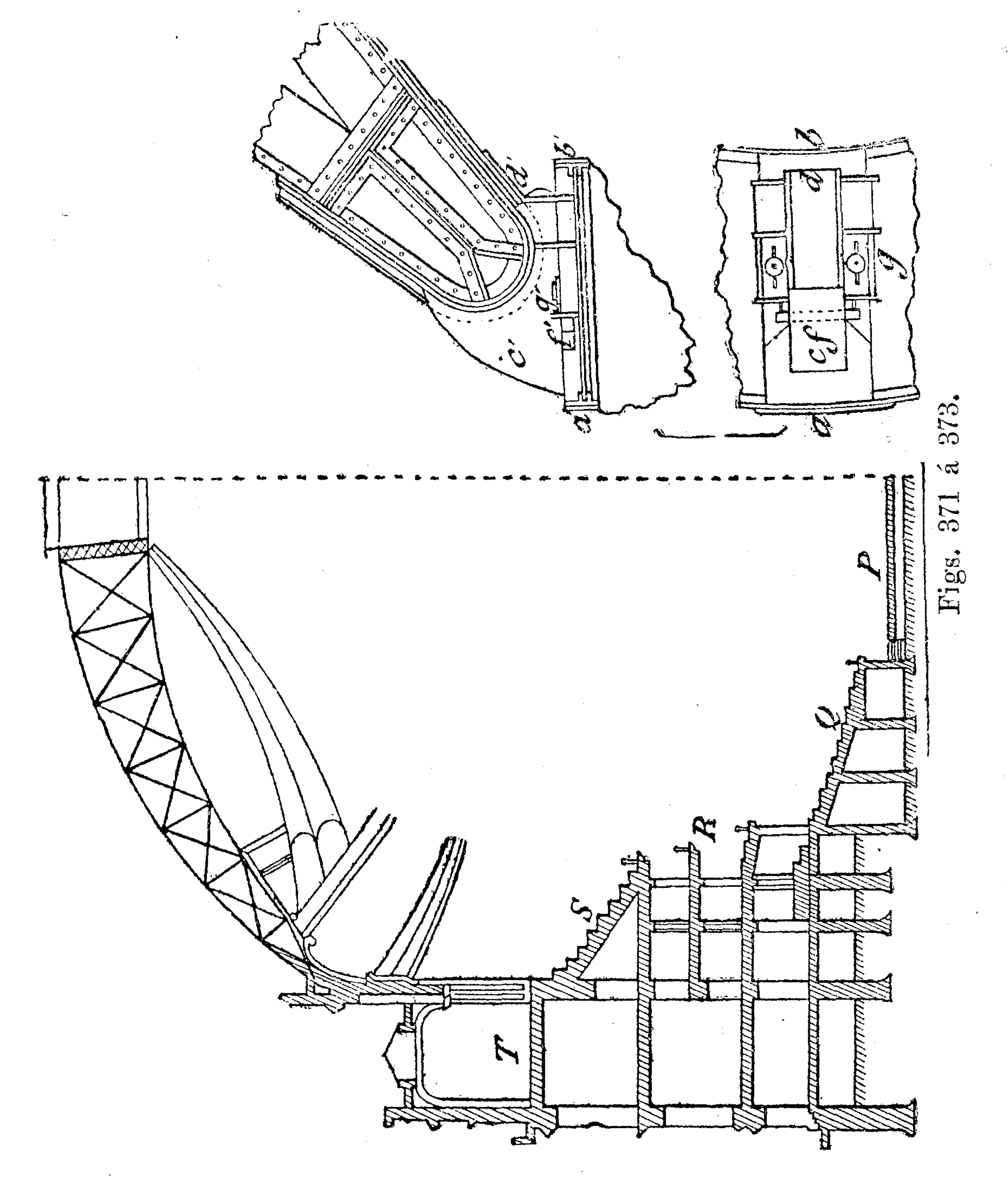


Figs. 359 y 360 —Armadura circular.

Figs. 361 á 367.—Detalles.

dientes pueden acercarse ó alejarse recorriendo una vía férrea establecida sobre un piso sólidamente construído.

En el Hipódromo, dos grandes vigas de celosía de 2 metros de



Figs. 371 á 373.

altura coronan el edificio, sobresaliendo respecto á él por los dos costados una longitud igual á la semiluz de la linterna móvil.

Esta linterna está formada de varias cerchas. El piso que sos-

tiene la vía, situado á 22 metros de altura, se compone de vigas de celosía arriostradas por hierros en ⊔ y tirantes. Cada extremo libre de este piso está sostenido por cuatro postes metálicos. Cuatro columnas principales sostienen la parte central de todo el edificio.

Cerchas Chaudy de tramos solidarios (fig. 384).—La nota característica de las cerchas de Chaudy es un tirante general colocado horizontalmente, que corta á las cerchas próxima-

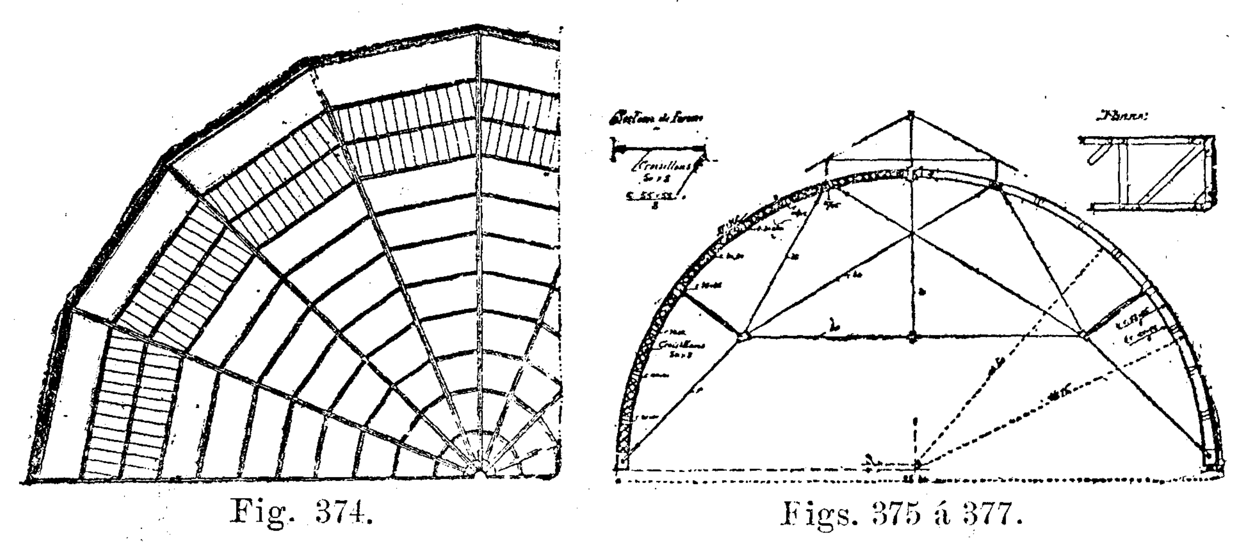


Fig. 374. Figs. 375 á 377.

EXPLICACIÓN: *Section de ferme*, sección de cercha.—*Croisillons*, riostras.—*Pannes*, correas.

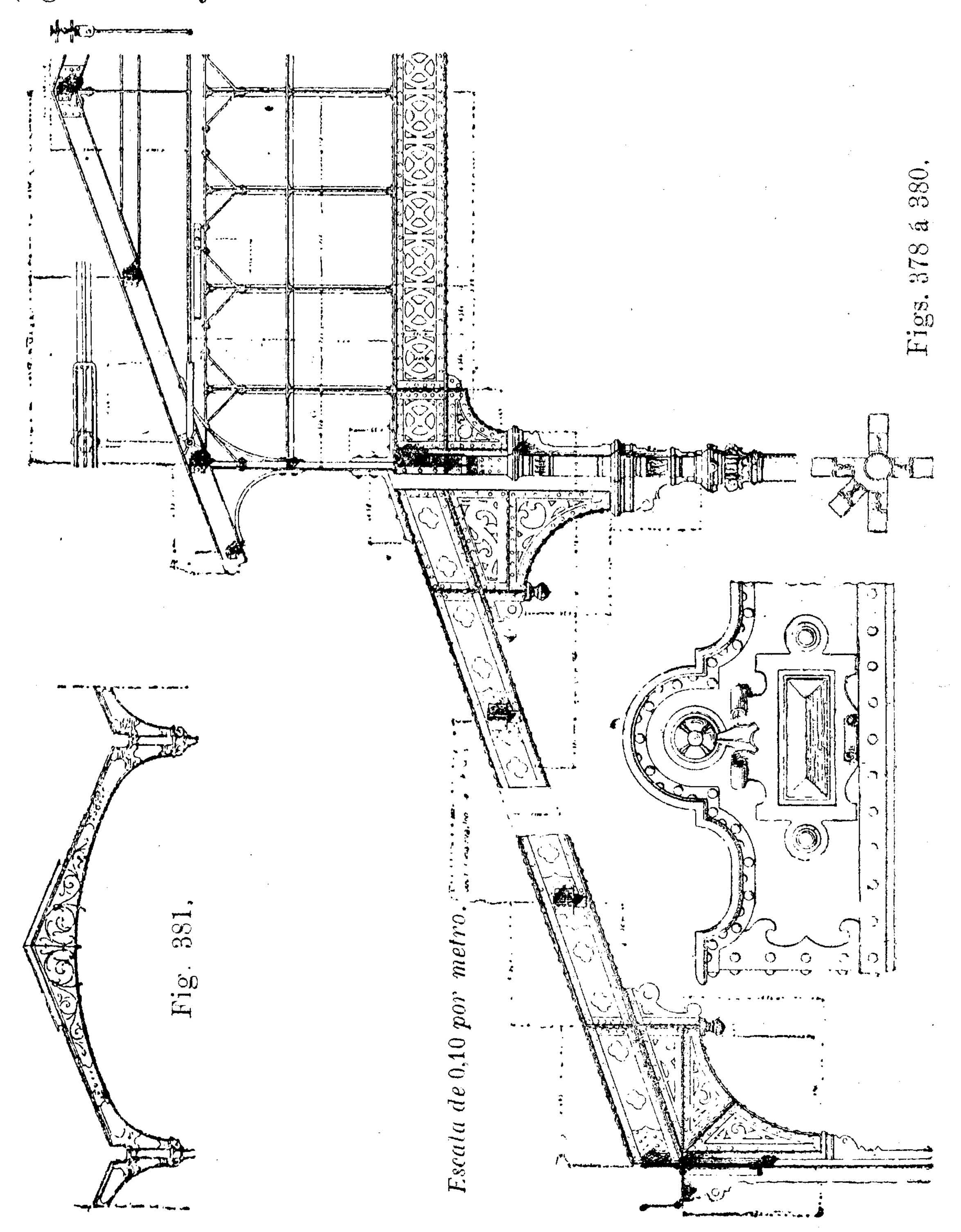
mente á la mitad de su altura. Esta disposición comunica á la cercha propiedades análogas á las de una viga continua de igual resistencia, de modo que es económica.

Respecto á los materiales que se empleen, la construcción puede ser mixta. Los tirantes son siempre de hierro, pero los pares se pueden hacer de madera.

El tirante, en las partes exteriores, puede cubrirse con el mismo material que se emplee en el tejado, para protegerlo mejor contra la intemperie. Pero en general bastará una capa de pintura al minio para que se conserve en buenas condiciones.

Arriostramiento de las cerchas.—El arriostramiento de las cerchas metálicas puede disponerse, según la pendiente del tejado, con barras planas robladas ó con hierros redondos file-

teados en sus extremos y tuercas que permiten variar la tensión (figuras 385 y 386).



Figs. 378 á 380.

Fig. 381.

Se pueden disponer arriostramientos verticales con cruces de San Andrés en el plano de los pendolones.

Se puede suprimir el arriostramiento en las armaduras con dos

faldones (fig. 387). Tampoco es indispensable el arriostramiento cuando la armadura de dos vertientes termina en sus extremos

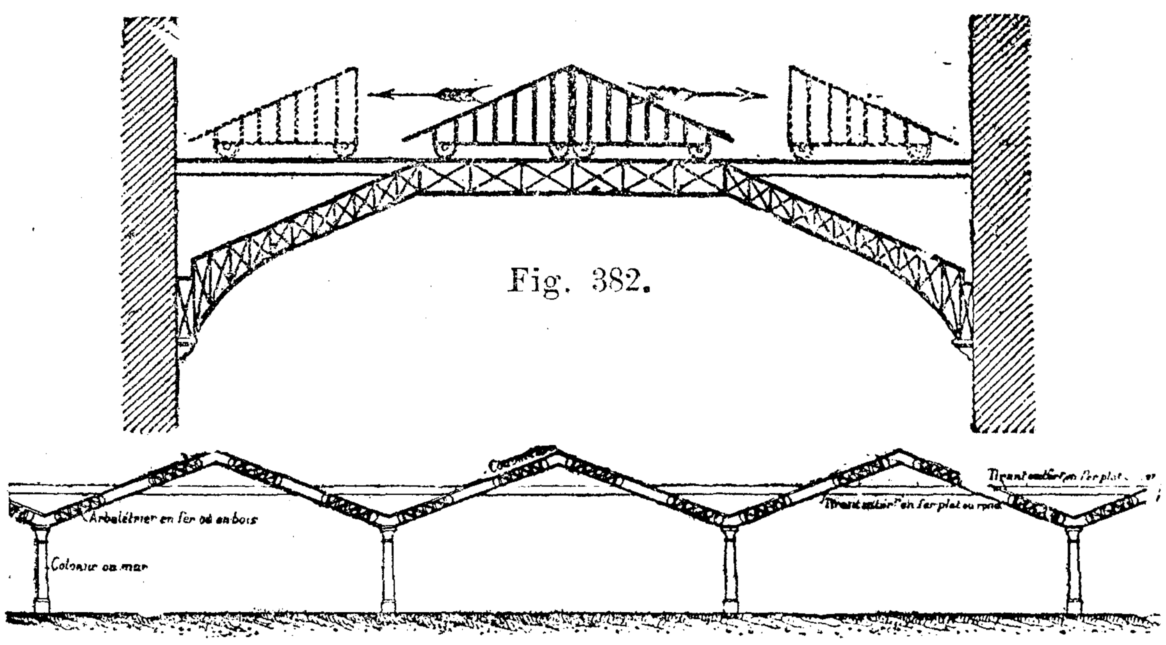


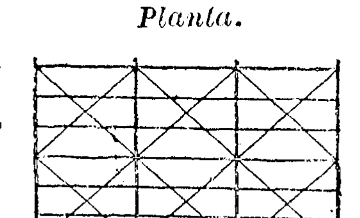
Fig. 382.

Fig. 384.

EXPLICACIÓN: *Arbalétrier en fer ou en bois*, par de hierro ó de madera.—*Colonne ou mur*, columna ó muro.—*Tirant intérieur en fer plat ou rond*, tirante interior de hierro plano ó redondo.—*Tirant extérieur en fer plat ou rond*, tirante exterior de hierro plano ó redondo.

por dos piñones sólidos y aun con un solo piñón. Las correas del primer tramo sostienen entonces la primera cercha y por consiguiente todo el sistema.

Para las *Construcciones metálicas desmontables*, véase nuestro tomo VII.



Planta.

Distribución económica de las correas en una armadura metálica.— Remitimos al lector á nuestro tomo IV de la

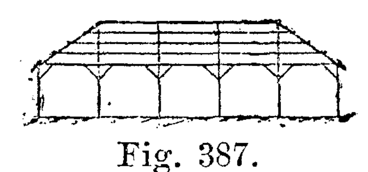


Fig. 387.

Figs. 385 y 386.

PEQUEÑA ENCICLOPEDIA PRÁCTICA DE CONSTRUCCIÓN, pág. 118, párrafo titulado: *Distribución económica de las correas en una armadura de madera*, párrafo aplicable igualmente á la distribución económica de las correas en una armadura metálica.

APÉNDICE

Experiencias de rotura de un piso de hormigón armado sistema Hennebique, construído por D. J. Eugenio Ribera, ingeniero de caminos en Oviedo, en febrero de 1898.

DATOS PRINCIPALES

El piso probado tiene las dimensiones correspondientes á una celda de la nueva cárcel de Oviedo en construcción, y se apoya sobre sus cuatro lados en paredes de ladrillo y mampostería de $1^{m},50$ de altura y de espesores iguales á los que han de tener en la obra. El hueco cubierto por el piso es de $3{,}50 \times 2{,}60 = 9{,}10$ m.^{2}

Se ha calculado para una sobrecarga de 250 kilogramos por metro cuadrado.

Hormigón formado por:
- 300 kilogramos de cemento Portland Boulonnais,
- 0,825 m.^{3} de piedra machacada al tamaño de 3 centímetros,
- 0,400 m.^{3} de arena,

produjeron 1,036 m.^{3} de hormigón necesario para todo el piso; es decir, $\frac{1{,}036 \text{ m.}^3}{9{,}10} = 0{,}113$ de hormigón por metro cuadrado de hueco cubierto.

El hierro empleado, que fué acero dulce Martín Siemens, de la fábrica de Mieres, pesaba:

Los 23 redondos de 8 milímetros de diámetro. . . .	25	kilogs.
Las 140 horquillas de flejes.	5	—
Total.	30	—

A B

0,14 0,25 0,25 0,25

0,25 0,25 0,25 0,10

2m,60

3m,50

Seccion por A.B.

0,15 0,10

0,125 0,125 0,25 0,25 0,25

3m,50

Figs. 388 y 389.

Asistieron á la construcción y experiencias en todo ó en parte, comprobando los pesos y los resultados que se consignan en esta acta, los señores siguientes:

D. Nicolás García Rivero, arquitecto provincial y director de las obras de la nueva Cárcel de Oviedo.

D. Miguel de la Guardia, arquitecto municipal.

D. Luis Bellido, arquitecto diocesano.

— Seccion por C.D. —

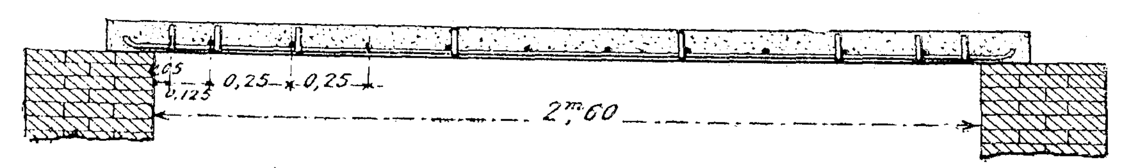


Fig. 390.

— Detalle. —

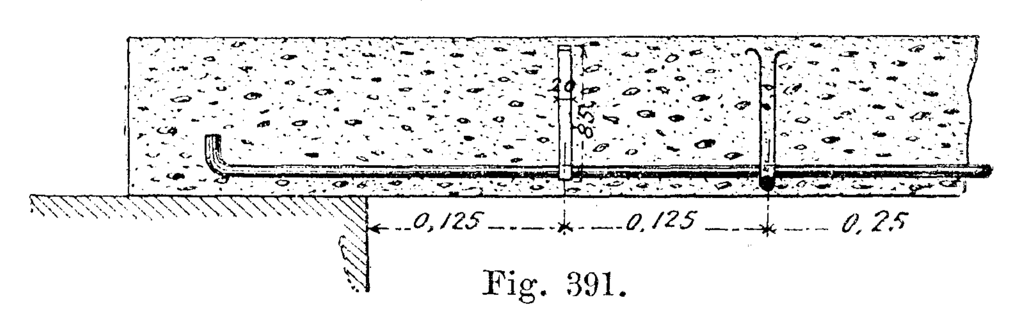


Fig. 391.

D. Delfín Fernández Vega, ingeniero de caminos, canales y puertos.

D. Enrique Galán, íd. íd.

D. Manuel de Gomendio, íd. íd.

D. Martín Díez de la Banda, íd. íd.

D. Eduardo de Castro, íd. íd.

D. Jerónimo Ibrán, ingeniero jefe de minas.

D. Antonio Sempau, ingeniero de minas.

D. Ventura Junquera, ingeniero industrial.

D. Mariano Colubi, ayudante de obras públicas.

D. Tomás López, íd. íd.

D. Narciso Hernández, íd. íd.

D. Luis López Planas, ayudante de obras públicas.

D. José de la Roza, íd. íd., y contratista de las obras de la Cárcel, que ha facilitado al constructor, D. José Eugenio Ribera, terrenos, materiales y operarios.

Se ejecutó el piso el día 17 de febrero de 1898, con un tiempo húmedo.

El día 13 de abril, es decir, á los cincuenta y cinco días de ejecutado, se extendió sobre el piso una capa de arena equivalente á una sobrecarga de 375 kilogramos por $m.^2$ (vez y media la carga del cálculo).

Se dejó esta sobrecarga veinticuatro horas, sin observar en el piso flecha apreciable.

El 14 de abril se aumentó la carga hasta 500 kilogramos por $m.^2$, observándose en el centro una flecha de 1 mm.

Se prosiguió el mismo día cargando 1.000 kilogramos por $m.^2$, aumentando la flecha hasta 4 mm. en el centro.

Esta sobrecarga se dejó actuando durante diez y siete días, y por efecto de continuadas lluvias, que empaparon la arena, alcanzó un peso de 1.250 kilogramos por $m.^2$ (cinco veces la carga del cálculo); y aunque la flecha llegó á 10 mm., no se pudo observar la menor grieta ni movimiento en ninguna parte del piso.

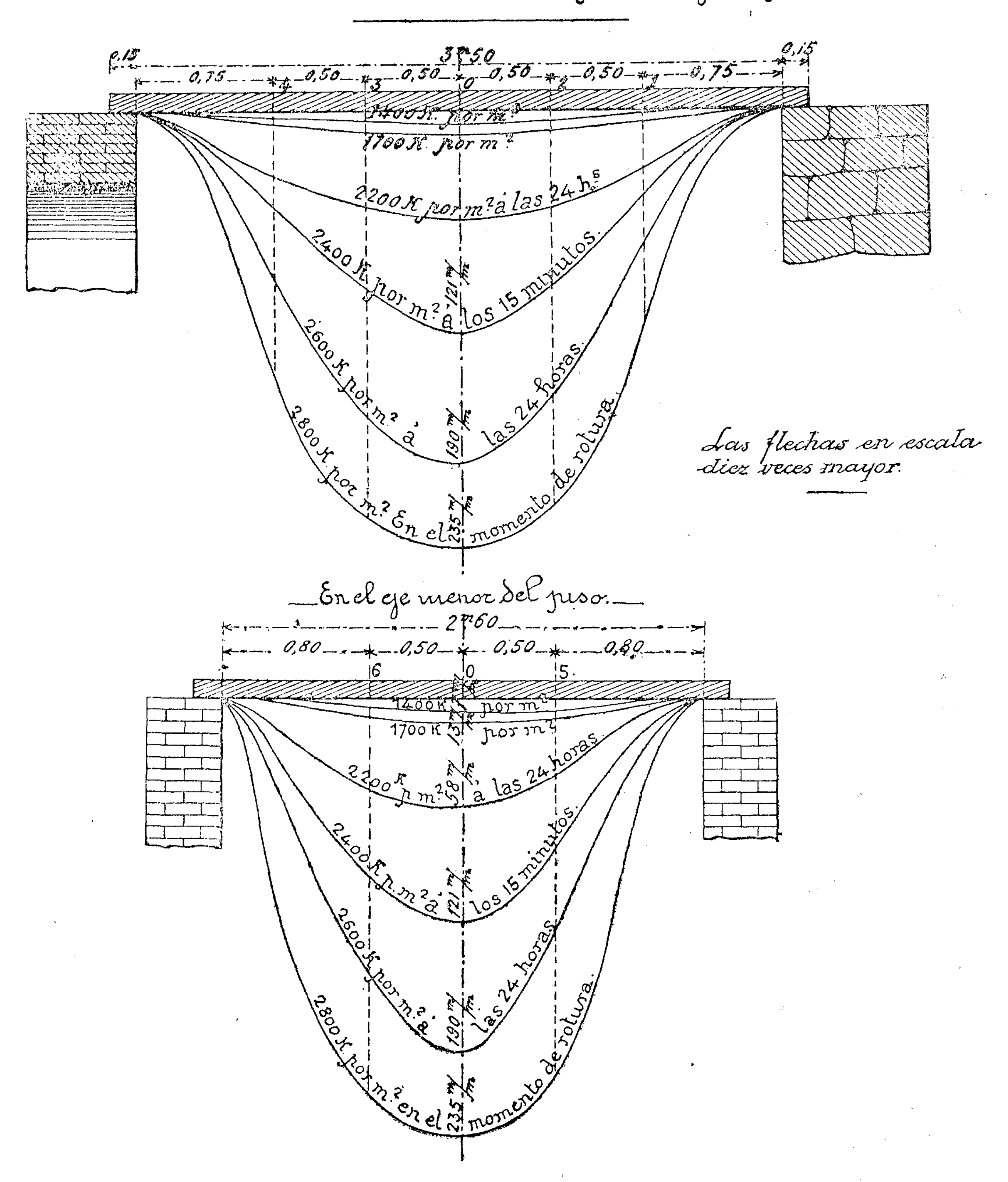
Al quitar esta sobrecarga desapareció totalmente la flecha.

El 9 de mayo se reanudaron las experiencias, alcanzándose por medio de ladrillo, lingote, piedra y arena una sobrecarga de 1.750 kg. por $m.^2$.

Por medio de siete puntos del piso perfectamente referidos á unos reglones fijos se han medido las flechas que han servido para construir las curvas del dibujo adjunto, que resumimos á continuación:

Para una sobrecarga de 400 kg. por $m.^2$, la flecha en el centro fué de 0,5 mm.

Para una sobrecarga de 1.400 kg. por $m.^2$, la flecha fué de 7,0 milímetros.



Figs. 392 y 393

Para una sobrecarga de 1.750 kg. la flecha fué de 13,0 mm.

A partir de 1.600 kg. por m.² (es decir, seis y media veces la carga del cálculo) se principiaron á iniciar algunas grietas que quedaron bien dibujadas á los 1.750 kg. por m.², observándose

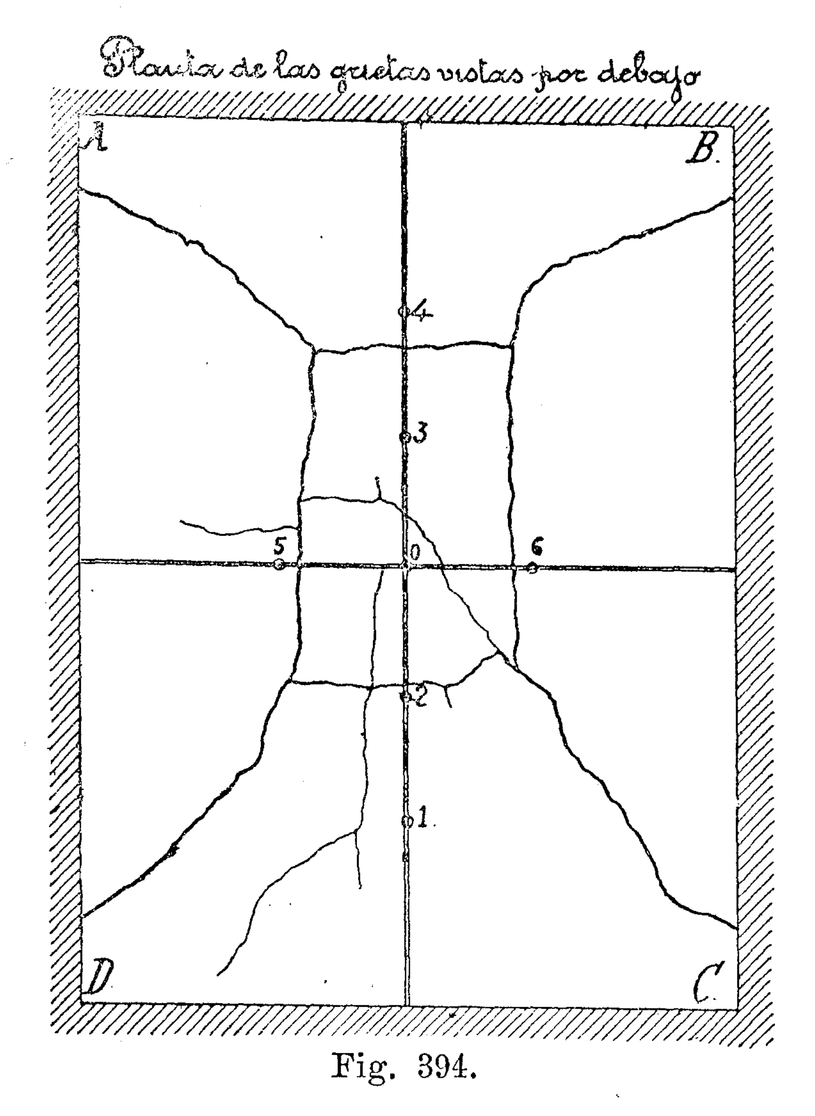


Fig. 394.

que estas grietas resultaban perfectamente simétricas y que no terminaban en los vértices del rectángulo, sinó en los del cuadro ficticio inscrito en su centro (fig. 394).

Se ha dejado actuar esta sobrecarga de 1.750 kg. durante cuarenta y ocho horas, al cabo de las que sólo se observó que la curvatura del piso se había regularizado, sin aumentar la flecha en el centro.

Aumentóse entonces la sobrecarga hasta 2.200 kg. por m.²,

volviendo á dejar esta sobrecarga durante cuarenta y ocho horas, con lo que la flecha en el centro aumentó hasta 58 mm.; pero afectando el piso una forma de bolsa perfectamente regular y simétrica, si bien las mismas grietas observadas en el techo del piso fueron aumentando sensiblemente.

Este día, ó sea el 13 de mayo, se siguió cargando con carriles hasta alcanzar la sobrecarga un peso de 2.600 kg. por m.^{2} (es decir, diez y media veces la carga del cálculo).

Las grietas fueron abriéndose muy sensiblemente hasta tener anchos de 10 mm., pero siempre con simetría; el bombeo invertido se acentuó de un modo extraordinario hasta alcanzar una flecha en el centro de 190 mm. (cerca de dos veces el espesor del piso), separándose éste de sus apoyos AB y CD y quedando solamente apoyado sobre las aristas AD y CB en la forma representada por la figura.

El día 14 de mayo, á las veinticuatro horas, no se observó aumento de flecha ninguno, por lo que se continuó cargando con carriles hasta 2.800 kg. por m.^{2} (once veces la carga del cálculo).

Una vez colocada esta extraordinaria sobrecarga no se observó ningún movimiento en el piso durante veinte minutos, pero á partir de este instante oyéronse crujidos en el hormigón y empezó la flecha á aumentar gradualmente, pero siempre afectando el piso la forma de bolsa perfectamente regular.

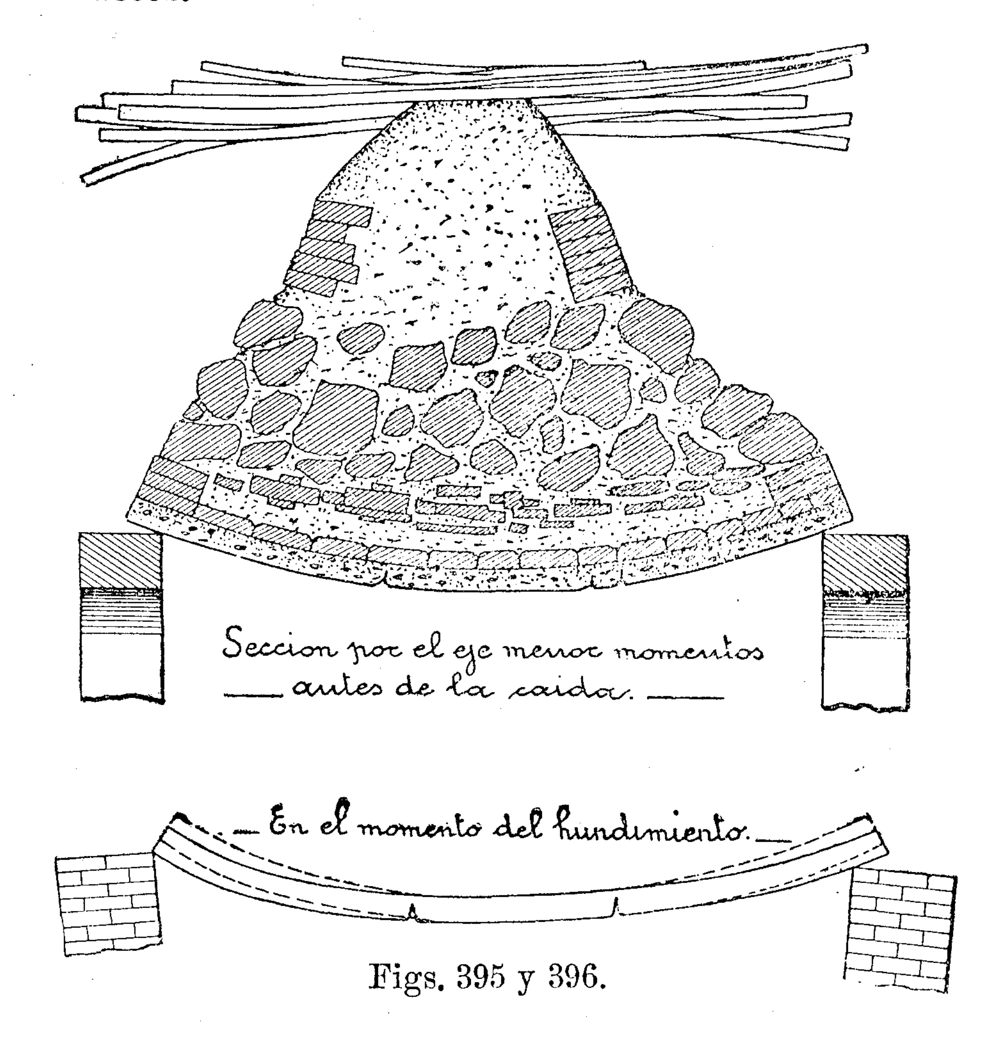
En el momento en que la flecha en el centro alcanzaba 235 milímetros se derrumbó todo el piso, empujando unos 10 centímetros el muro AD, que se derrumbó totalmente después.

Una vez quitada la sobrecarga, se examinó la superficie superior del piso, que quedó plano y sin rotura. En las líneas correspondientes á las barras redondas de mayor longitud se vió que el hormigón estaba como pulverizado por efecto de la compresión enorme á que estuvo sometido.

Con gran dificultad pudo deshacerse el piso, pues el hormigón

presentaba en casi todo su volumen el aspecto y dureza de una brecha caliza.

Ninguna de las barras se había roto y los estribos se conservaron intactos.



Figs. 395 y 396.

Llevadas las barras centrales (que debieron haber sufrido mayor alargamiento) al laboratorio de ensayo de la fábrica de Mieres, se probaron numerosos pedazos, dando los siguientes resultados:

Límite elástico: de 25 á 28 kg. por mm.^{2}
Alargamiento: de 16 á 21 por 100.
Carga de rotura: de 38 á 40 kg. por mm.^{2}

Estos coeficientes son iguales á los que se obtuvieron con barras nuevas del mismo diámetro y calidad; lo que demuestra que

el trabajo de las barras del piso no alcanzó el límite elástico de 25 kg. y que su caída fué debida sin duda alguna á la falta de apoyo, por efecto de la enorme flexión que transformó el efecto vertical de la sobrecarga en empujes laterales sobre los dos muros de mayor longitud.

En resumen de todo lo expuesto, las experiencias practicadas permiten deducir las siguientes

CONCLUSIONES

1.ª Que el sistema del piso sistema *Hennebique*, apoyado sobre cuatro muros, ofrece una resistencia excepcional, puesto que ha sido preciso para hundirlo una sobrecarga igual á once veces la del cálculo.

2.ª Que tiene además grandes condiciones de elasticidad, puesto que desapareció la flecha al quitarse la sobrecarga de 1.200 kg. (cinco veces la carga del cálculo) que se había dejado durante diez y siete días.

3.ª Que su extraordinaria flexión, así como la forma en que se presentan las grietas, se efectúa de una manera perfectamente simétrica y regular; lo que demuestra la perfecta homogeneidad del conjunto, debida, no sólo á la compacidad del hormigón, sino, y sobre todo, al poderoso auxilio del entramado metálico racionalmente dispuesto.

4.ª Que ha necesitado para romperse una carga casi doble de la que produjo las primeras grietas (1.600 kg. por m.^{2}), lo que ofrece una garantía de seguridad que no se encuentra en ningún otro sistema de piso.

ÍNDICE

Tetuán de Chamartín.—Imp. de Bailly-Baillière é hijos.